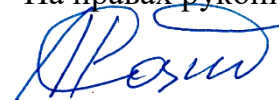


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет»

На правах рукописи



Рождественская Лада Николаевна

**РАЗВИТИЕ НАУЧНОЙ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ
ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ И РАЦИОНОВ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЕЛКОВОСОДЕРЖАЩЕГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ**

Специальность 4.3.3. Пищевые системы

Диссертация на соискание ученой степени
доктора технических наук

Научный консультант:
доктор технических наук, профессор
Чугунова Ольга Викторовна

Екатеринбург – 2026

Оглавление

Введение	6
1 Роль программ здорового питания в обеспечении устойчивости продовольственных систем, здоровья и благополучия населения	14
1.1 Продовольственные системы: их роль, концептуальная модель и факторы, определяющие перспективы развития.....	14
1.1.1 Концепция продовольственных систем с позиции влияния на рацион питания, пищевой статус и здоровье населения	21
1.1.2 Трансформация продовольственных систем с целью обеспечения доступа к здоровому устойчивому питанию	28
1.2 Анализ современных программ питания и пищевой коррекции, формирующих здоровое устойчивое питание населения	33
1.2.1 Организационно-методические основы программ питания для различных групп населения	34
1.2.2 Современные подходы к использованию концепции нутриентной плотности в программах питания.....	42
1.3 Научно-практическое обоснование применения бобового сырья в современных продовольственных системах.....	47
1.3.1 Роль, место и перспективы бобовых культур в современных продовольственных системах	47
1.3.2 Современные технологии переработки и повышения пищевой ценности бобовых культур.....	49
Выводы по первой главе	52
2 Организация эксперимента, объекты и методы исследования	54
2.1 Организация проведения исследований	54
2.2 Объекты и методы исследования	58
3 Разработка методологии оценки и ранжирования пищевых продуктов и рационов на основе интегральной оценки качества питания	76

3.1 Обоснование целесообразности использования инструментов нутриентного профилирования и оценки качества питания для достижения целей в области питания и здоровьесбережения населения.....	76
3.2 Применение методов нечеткой логики при решении задач по разработке продуктов питания и рационов	92
3.3 Разработка системы нутриентного профилирования, перспективы ее использования при оценке и проектировании пищевой продукции.....	98
3.4 Разработка интегрального показателя оценки качества рациона	110
Выводы по третьей главе	119
4 Систематизация и унификация подходов к оценке роли растительного белка, качества и функционально-технологических свойств белковосодержащих продуктов переработки бобового сырья.....	125
4.1 Анализ и систематизация подходов к получению белка из традиционных, нетрадиционных и альтернативных источников.....	125
4.2 Оценка бобового сырья как источника растительного белка, существующих рисков и преимуществ для здоровья человека и устойчивости продовольственных систем.....	130
4.3 Анализ современных технологий производства и модификации белковосодержащих продуктов переработки бобового сырья	141
4.4 Разработка методологии проектирования пищевых систем на основе унифицированного подхода к оценке качества и функционально-технологических свойств белковосодержащих продуктов переработки бобового сырья.....	153
Выводы по четвертой главе	167
5 Исследование динамики функционально-технологических свойств и молекулярной структуры растительного белка в процессе механоферментативного гидролиза	171
5.1 Обоснование применения механоферментативного гидролиза растительного белкового сырья.....	171
5.2 Исследование влияния степени механоферментативного гидролиза на динамику функционально-технологических свойств	184

5.3 Исследование динамики распределений молекулярных масс и содержания антинутриентов в ходе механоферментативного гидролиза.....	190
5.4 Прогнозирование получения биологически активных пептидов в ходе механоферментативного гидролиза растительных белков (<i>in silico</i>)	200
5.5 Определение взаимосвязи между показателями функционально-технологических свойств и степенью ферментативного воздействия.....	205
Выводы по пятой главе	210
6 Использование продуктов переработки растительного белкового сырья в различных пищевых системах	213
6.1 Формирование карты последовательности действий при разработке рецептур и технологии продуктов на основе бобового сырья	213
6.2 Разработка рецептур и технологии пастообразных соусов на основе гидролизатов бобового сырья.....	217
6.3 Разработка рецептур и технологии неэмульгированных соусов на основе растительных масел и изолята горохового белка.....	224
6.4 Разработка рецептур, технологии и экспериментальное обоснование применения СВЧ-обработки в производстве эмульсионных пищевых систем	228
6.5 Разработка комбинированных фаршевых систем с введением изолята горохового белка.....	246
Выводы по шестой главе	259
7 Практическая апробация методологии системы оценки и ранжирования пищевых продуктов и рационов на основе интегральной оценки качества питания.....	264
7.1 Интегральный показатель оценки качества рациона как инструмент оценки питания в образовательных организациях	264
7.2 Апробация модели нутриентного профилирования и интегрального показателя оценки качества рациона при коррекции рационов для целевой группы потребителей	278
7.2.1 Программа питания с повышенной общей калорийностью и нутриентной плотностью (кадетский корпус)	278
7.2.2 Программа коррекции питания детей и подростков с избыточным весом и ожирением	283

7.3 Перспективы дальнейшего использования инструментов ранжирования и оценки в управлении национальными программами устойчивого здорового питания и пищевой коррекции	288
Выводы по седьмой главе	294
Заключение	296
Список сокращений и условных обозначений.....	299
Список литературы	301
Приложение А Результаты определения протеолитической активности и безвредности в тест-дозе ферментного препарата Протосубтилин 250 ГЗх и гидролизатов бобового сырья, полученных на его основе	351
Приложение Б (справочное) Результаты определения перевариваемости продуктов переработки бобового сырья.....	352
Приложение В Техническое задание на разработку оценочного модуля программного средства для реализации расчетов в рамках модели нутриентного профилирования	355
Приложение Г Современные тренды в России в отношении производства и потребления животного белка	356
Приложение Д Методические указания МУК 011-01966779-24 «Методики и порядок исследования функционально-технологических свойств зернобобового сырья».....	363
Приложение Е Отчет о результатах ферментативного воздействия на основе базы данных BIOPEP-UWM™.....	364
Приложение Ж Технологическая документация	368
Приложение И Комплексная оценка рационов питания детей в образовательных учреждениях Сибирского федерального округа.....	378
Приложение К Пример спроектированного рациона для воспитанников кадетского корпуса	388
Приложение Л Пример спроектированного рациона для детей и подростков с избыточным весом и ожирением	390

Введение

Актуальность темы. Производство продуктов здорового питания с заданными характеристиками из отечественного сырья, позволяющих осуществлять коррекцию пищевого статуса, может быть связано с использованием потенциала бобовых культур. Применение бобовых не только как источника растительного белка, но и как сырьевого ингредиента, формирующего качественные характеристики получаемой на их основе пищевой продукции, сопряжено с рядом проблем, в числе которых наличие антипитательных веществ, которые снижают биодоступность белка, витаминов и минеральных веществ. Это делает актуальными научные исследования и разработку технологий, направленных на снижение содержания антипитательных компонентов в бобовых, повышение биодоступности, улучшение органолептических и функционально-технологических свойств.

Необходимость решения задач, направленных на оптимизацию структуры питания населения, отражена в указе Президента РФ «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 г. и на перспективу до 2036 г.» [122]. Стратегией повышения качества пищевой продукции до 2030 г. [228] и постановлением Президиума РАН «Об актуальных проблемах оптимизации питания населения России: роль науки» [126] среди важнейших задач указаны обоснование принципов здорового и оптимального питания человека, профилактика алиментарных и алиментарно-зависимых заболеваний, создание адекватных инструментов поддержки принятия управленческих решений при формировании новых пищевых систем и рационов.

Поиск решений, направленных на создание возможностей достижения Целей устойчивого развития, предполагает ряд системных действий, среди которых: активное использование систем нутриентного профилирования (НП) как основы здорового питания; целенаправленное изменение продовольственных систем для снижения рисков для продовольственной безопасности и питания; сдвиг в питании в сторону расширения использования растительного белка, особенно бобовых культур (EAT-Lancet); использование потенциала национальных программ питания для обеспечения системного оздоровления рационов и устойчивости продовольственных систем.

Вышеизложенное обуславливает актуальность поиска решений, которые позволят обеспечить доступность здоровых устойчивых рационов населения с акцентом на исполь-

зование потенциала продуктов переработки бобового сырья. С этой точки зрения востребованным становится научно-практический подход к формированию пищевых продуктов и рационов на основе концепции нутриентной плотности, что соответствует критериям здорового питания, с одной стороны, и задачам обеспечения устойчивости продовольственной системы – с другой.

Степень разработанности темы. Значительный теоретический и практический вклад в решение задач оптимизации питания различных целевых групп, проектирования и разработки пищевой продукции и рационов с заданными характеристиками внесли отечественные и зарубежные ученые: И. М. Скурихин, М. П. Григорьева, М. Н. Волгарев, А. М. Уголев, А. А. Покровский, В. А. Тутельян, Г. Г. Онищенко, И. Я. Конь, Д. Б. Никитюк, И. А. Евдокимов, Л. М. Аксенова, В. С. Баранов, А. К. Батулин, С. В. Симоненко, Н. М. Дерканосова, В. Ф. Добровольский, Л. В. Антипов, Н. И. Дунченко, Ю. А. Ивашкин, О. Н. Красуля, В. М. Позняковский, И. Ю. Потороко, А. Ю. Просеков, И. М. Чернуха, И. И. Протопопов, И. А. Никитин, В. Г. Попов, Н. Г. Машенцева, В. М. Коденцова, И. А. Рогов, М. М. Andreasen, R. G. Cooper, S. K. Amit, T. Varzakas, V. R. Preedy и др.

Вопросы обеспечения устойчивости продовольственных систем и роли программ питания в этом процессе рассматриваются в работах W. Willett, J. Rockström, B. Loken, M. Springmann, T. Lang, S. Vermeulen, J. A. Foley, M. Harvey и др.

Вопросы развития концепции нутриентной плотности и особенностей создания на ее основе систем НП представлены в основном в работах зарубежных авторов A. Drewnowski, T. Suzuki, H. Fu, C. H. Lee, R. Wakayama и др.

Изучением особенностей и разработкой практических решений в области переработки и получения продуктов на основе бобового сырья посвящены работы Л. В. Антиповой, Н. С. Родионова, А. А. Красноштанова, Г. А. Губаненко, А. И. Жаринова, И. Ю. Резниченко, Д. В. Купчак, В. С. Петибской, Т. М. Бойцовой, С. М. Доценко, Г. Р. Робертс, Л. В. Шульгиной, M. G. Lindhauer, A. Singhal и др.

Научные результаты вышеперечисленных ученых послужили основой для разработки методологического подхода к формированию системы НП и алгоритма его использования при ранжировании и проектировании пищевой продукции с повышенной нутриентной плотностью.

Цель и задачи исследования. *Цель* исследования – разработка и апробация научно-методологического подхода к проектированию и оценке качества пищевых систем и рационов на основе применения концепции нутриентной плотности.

Для достижения цели были поставлены следующие *задачи*:

1) разработать с использованием интеллектуальных цифровых технологий научно-методологический подход к созданию и применению системы мониторинга, ранжирования и оценки проектируемых и существующих пищевых продуктов и рационов здорового устойчивого питания с использованием цифровых технологий;

2) обосновать использование концепции нутриентной плотности, сформировать инструменты нутриентного профилирования, включая: принципы системы нутриентного профилирования (СНП), модель нутриентного профилирования (МНП) и алгоритм разработки интегрального показателя оценки качества рационов (ИПОКР);

3) на основе систематизации современных представлений об альтернативных источниках белка и их роли для здоровья населения и устойчивости продовольственных систем обосновать использование белковосодержащего растительного сырья на основе критически важных бобовых культур в рационе питания человека с помощью гармонизированной системы РВ-анализа;

4) провести анализ современных технологий переработки и модификации продукции из бобового сырья и предложить методологию проектирования белковосодержащих пищевых систем на основе разработанной унифицированной системы оценки качества и функционально-технологических свойств (ФТС);

5) изучить влияние механо-ферментативного гидролиза (МФГ) на динамику ФТС и распределение фракций молекулярной структуры белка ППБС; установить взаимосвязи между показателями ФТС и пептидной структурой белка;

6) обосновать систему принятия решений по разработке рецептур и технологии продуктов на основе бобового сырья; апробировать оригинальную МНП при разработке рецептуры и технологии эмульсионных, пастообразных и фаршевых пищевых систем, блюд и полуфабрикатов, полученных с использованием БСППБС;

7) обосновать использование и определить эффективность влияния СВЧ-обработки на снижение содержания антипитательных веществ в БСППБС;

8) провести оценку качества, безопасности готовых изделий, установить вариативность показателей при хранении, разработать техническую документацию и провести производственную апробацию;

9) апробировать предлагаемый научно-практический подход на примере использования модулей программного средства, реализующих расчеты МНП и ИПОКР на этапах проектирования рецептур пищевых систем, оценки нутриентной плотности, ранжирования пищевой продукции и комплексной оценки качества и эффективности рационов.

Научная концепция исследования заключается в разработке, научном обосновании и апробации научно-практического подхода к проектированию и оценке качества пищевых систем и рационов здорового устойчивого питания для различных целевых групп населения, базирующегося на концепции нутриентной плотности, применении гармонизированного РВ-анализа («риск – выгода») и цифровых инструментов.

Научная новизна. Диссертационная работа содержит элементы научной новизны в рамках п. 4, 10, 11, 12, 19 Паспорта специальности 4.3.3:

1. Разработан и обоснован методологический подход к созданию и применению системы мониторинга, оценки и ранжирования проектируемых и существующих пищевых продуктов и рационов устойчивого здорового питания, основанный на интеграции аппарата нечеткой логики, интеллектуальных цифровых технологий и концепции нутриентной плотности (п. 19).

2. Обоснован и апробирован методический подход к формированию системы нутриентного профилирования (включая принципы и алгоритм разработки МНП), разработан МНП и интегральный показатель оценки качества рационов (ИПОКР); обосновано использование созданных МНП и ИПОКР при ранжировании и проектировании пищевой продукции и рационов с повышенной нутриентной плотностью (п. 11).

3. Научно обосновано применение разработанной гармонизированной системы РВ-анализа («риск – выгода»), обеспечивающей комплексную оценку и ранжирование вариантов альтернативных белковых источников с одновременным учетом показателей пищевой ценности, потенциальных рисков и факторов устойчивости при формировании и проектировании новых пищевых систем (п. 12).

4. Разработана и экспериментально подтверждена методология проектирования белковосодержащих пищевых систем на основе унифицированной системы оценки качества и ФТС бобовых белковых ингредиентов (сухих изолятов, концентратов и гидролиза-

тов), обеспечивающая сопоставимость ФТС и их целенаправленное использование при выборе сырья и режимов обработки (п. 4).

5. Впервые установлены закономерности влияния механоферментативного гидролиза (МФГ) на динамику ФТС и распределение фракций молекулярной (пептидной) структуры белка; выявлены взаимосвязи между показателями ФТС и пептидным профилем при варьировании степени механотонкого измельчения и ферментативного воздействия, что создает основу для целенаправленного проектирования пищевых систем (п. 10).

6. Научно обосновано и экспериментально подтверждено использование СВЧ-обработки как технологического приема снижения содержания антипитательных веществ в продуктах переработки бобовых; установлена эффективность и направленность изменений содержания фитиновой кислоты и ингибитора протеаз в зависимости от параметров СВЧ-воздействия (в режиме: мощность 800 Вт; частота 2450 МГц, экспозиция 60 с) (п. 10).

7. Разработан и апробирован цифровой инструментарий реализации научно-практического подхода к проектированию и оценке пищевых систем и рационов на основе модуля программного средства, обеспечивающих автоматизированный расчет МНП и ИПОКР на этапах разработки рецептур, оценки нутриентной плотности, ранжирования пищевой продукции и комплексной оценки качества и эффективности рационов. Показана воспроизводимость результатов и возможность применения модулей для поддержки принятия решений при работе с разнородными и неполными данными (п. 4).

Методология и методы исследований. Методология диссертационной работы базировалась на интеграции сбора и анализа научной информации, систематизации результатов теоретических и экспериментальных исследований в области проектирования продуктов питания и рационов для различных целевых групп. При проведении комплексной оценки качества сырья и готовой продукции применяли общепринятые, стандартные и специальные методы исследования с последующей математической обработкой полученных результатов.

Положения, выносимые на защиту:

- методологический подход к оценке и ранжированию пищевых систем и рационов на основе интеллектуальных цифровых технологий сбора/обработки/анализа данных, на основе нутриентной плотности и использования нечеткой логики;

- принципы и структура системы нутриентного профилирования как основа сопоставимой нутриентной оценки, инструменты ранжирования и оценки пищевых систем

и рационов: МНП для осуществления проектирования, ранжирования и оценки пищевой продукции с повышенной нутриентной плотностью и ИПОКР для осуществления комплексной оценки качества и эффективности рационов устойчивого здорового питания в программах питания и пищевой коррекции целевых групп;

- гармонизированная система РВ-анализа как метод оценки альтернативных источников белка; результаты РВ-анализа бобового сырья и продуктов его переработки с позиций существующих рисков и преимуществ для здоровья человека и устойчивости продовольственных систем;

- методология проектирования белковосодержащих пищевых систем на основе унифицированной системы оценки качества и ФТС бобовых белковосодержащих ингредиентов/полуфабрикатов;

- совокупность результатов экспериментальных данных, подтверждающих эффективность осуществленного механоферментативного гидролиза бобового сырья и отражающих динамику распределений молекулярных масс и содержания антинутриентов в ходе МФГ, а также взаимосвязи между показателями ФТС и степенью ферментативного воздействия;

- система принятия решений при проектировании рецептур с учетом нутриентного профиля, ФТС и ограничивающих факторов; результаты экспериментальных исследований, подтверждающих эффективность применения ППБС в технологии кулинарной продукции с учетом механизмов встраивания сырьевого ингредиента в систему продукта, влияния на нутриентную плотность рациона; результаты апробации МНП при разработке ассортимента эмульсионных/пастообразных/фаршевых систем и продукции на их основе использования изолята горохового белка и гидролизатов бобового сырья; сравнительные результаты ранжирования разработанных образцов относительно контрольных по нутриентной плотности при сохранении органолептики и приемлемой себестоимости;

- результаты исследования применения СВЧ-обработки как стадии технологического процесса введения ППБС в пищевые матрицы в целях снижения содержания антипитательных веществ и улучшения органолептических свойств;

- совокупность результатов апробации разработанного модуля программного средства, реализующего расчеты МНП и ИПОКР при проектировании, оценке и ранжировании пищевых систем и рационов, подтверждающих целесообразность использования раз-

работанных инструментов в целях повышения качества и эффективности программ питания и пищевой коррекции.

Теоретическая и практическая значимость работы

Теоретическая значимость диссертационной работы. Предложен методологический подход к разработке различных пищевых систем на основе ППБС с учетом возможностей их дуального использования, как в качестве основного рецептурного ингредиента, так и пищевых технологических добавок, с последующей их оценкой и ранжированием на основе использования цифровых инструментов НП.

Практическая значимость. Создан модуль программного средства «Мониторинг питания и здоровья» (внедрен в ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены» Роспотребнадзора), реализующего расчеты предложенных оригинальных инструменты ранжирования и оценки: МНП и ИПОКР.

Сформированы базы данных: «Сравнительная база данных химического состава продуктов питания» (БД RU 2024621145); «Результаты гигиенической оценки организованного питания в общеобразовательных организациях» (БД RU 2023623681)

Разработана и утверждена техническая документация: ТУ и ТИ 10.85.19-052-03814269-2024 «Соусы кулинарные пастообразные на основе гидролизатов бобовых»; ТУ и ТИ 10.84.12-124-03814269-2025 «Майонезный соус с ИГБ (изолятом горохового белка)»; ТИ и ТУ 10.84.12-125-03814269-2025 «Соусы на основе растительных масел, обогащенные гидролизатами бобовых»; ТИ и ТУ 10.85.11-026-39898879-2024 «Полуфабрикаты мясодержащие в тесте замороженные с добавлением ИГБ (изолята горохового белка)»; ТУ и ТИ 10.89.19-10.85.11-027-39898879-2024 «Вареники с начинками из картофеля и овощей с добавлением ИГБ (изолята горохового белка)». Полученные технические решения апробированы на предприятиях ООО «Фуд-Мастер Фабрика», ООО «Прогресс питания», что подтверждено соответствующими документами. Новизна технических решений подтверждена заявкой на патент РФ № 6364094617 «Способ производства эмульсионного соуса».

Сформированы сборники рецептур блюд и типовых меню: для организации питания обучающихся 1–4-х классов в общеобразовательных организациях (2022); для организации питания детей в образовательных организациях и организациях отдыха детей и их оздоровления (от 7 до 18 лет) (2023); для организации питания детей в дошкольных образовательных организациях (2023).

Результаты исследований используются в учебном процессе при подготовке бакалавров и магистров по направлениям 19.03.04 и 19.04.04 «Технология продукции и организация общественного питания» в ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет».

Степень достоверности и апробация работы. Достоверность результатов подтверждается использованием современных методов исследования, осуществлением в лабораториях на сертифицированном оборудовании с установленными метрологическими характеристиками в многократной повторности, использованием соответствующих методов математической и статистической обработки полученных экспериментальных данных.

Степень достоверности подтверждена результатами экспериментальных исследований, большими объемами экспериментальных данных, обработанных методами расчета статистической достоверности измерений с использованием серии компьютерных программ: Microsoft Office Word и Excel для Windows 10, Statistica 13, Fuzzy Logic Toolbox среды MATLAB 2021.

Результаты исследования обсуждены на научных мероприятиях разного уровня, прошедших в Новосибирске (2015–2025), Москве (2015, 2019, 2023–2025), Санкт-Петербурге (2022–2024), Екатеринбурге (2024, 2025), Омске (2023, 2024), Кемерово (2017, 2022–2025), Перми (2024, 2025), Гомеле (Беларусь) (2024), Бишкеке (Киргизия) (2024), Чунцине (Китай) (2025).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 87 работ (39,2 п. л., в том числе авторских – 27,4 п. л.), из них 3 монографии; 10 статей в журналах, входящих в базу данных RSCI; 9 статей в журналах, рекомендованных ВАК (K1, K2); 8 статей в изданиях, индексируемых в наукометрических базах данных Web of Science и Scopus, и два свидетельства о регистрации баз данных, а также ряд статей в материалах конференций, научных трудах институтов.

Личный вклад автора состоит в постановке и обосновании проблемы, разработке структуры и схемы проведения исследований, проведении теоретических и экспериментальных исследований, обработке и анализе полученных результатов, обобщении имеющихся материалов и подготовке их к публикации, организации внедрения результатов.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, семи глав, списка литературы из 509 наименований и 10 приложений. Основное содержание работы изложено на 350 страницах, содержит 90 рисунков и 63 таблицы.

1 Роль программ здорового питания в обеспечении устойчивости продовольственных систем, здоровья и благополучия населения

1.1 Продовольственные системы: их роль, концептуальная модель и факторы, определяющие перспективы развития

При достижении стратегических целей в области здоровьесбережения, демографии, продления периода активного долголетия, повышения качества жизни населения роль качества питания сложно переоценить. В то же время для каждого государства при формировании качества питания определяющим фактором является продовольственная безопасность, включая компоненты физической и экономической доступности [147; 157; 414]. В свою очередь, продовольственная безопасность, как и качество рационов, обусловлена типом сложившейся продовольственной системы [327; 331]. Изменения продовольственных систем не только обуславливают наличие и разнообразие пищевых ресурсов, но и влияют на экологию и формируют новые потребности населения [326; 472].

Термин «продовольственная система» в контексте данной работы означает совокупность связей, включающую все процессы от производства продовольствия до его потребления и утилизации отходов. В большинстве источников, раскрывающих базовые подходы к определению данного понятия, указано, что продовольственная система охватывает не только «цепочку поставок, которая работает в более широких экономических, биофизических и социально-политических контекстах» [269], но и здоровье, окружающую среду, социальные и экономические эффекты [71; 343].

Традиционный подход в изучении процесса создания продовольственных ресурсов опирается на представления о цепочках создания стоимости в отдельных секторах и оптимизацию использования привлекаемых ресурсов, включая почву, воду, труд и капитал. С этих позиций наиболее часто в литературе рассматривается лишь часть процессов той или иной модели производства и потребления продовольствия, протекающих, например, в сельском хозяйстве [17; 237; 470], агропромышленном комплексе [247], мясной про-

мышленности [26] или переработке зерновых культур [205]. В таких исследованиях рассматриваются вопросы воздействия на окружающую среду (выбросы CO₂, деградация почвы, водный баланс), оценивается экономическая эффективность (объемы рынка, уровень конкуренции, конъюнктура, ценовые и неценовые методы рыночного вмешательства и пр.) [71] или воздействие системного потребления на здоровье человека применительно к конкретной продуктовой группе, что не дает полного понимания ситуации.

Современные исследования показывают, что традиционные подходы к анализу отдельных компонентов продовольственной системы недостаточно полно раскрывают системные взаимосвязи и обратные связи, влияющие на продовольственную безопасность и здоровье населения, что привело к формированию концептуальных моделей и типологий продовольственных систем. Такой подход позволил не только более четко рассмотреть особенности структуры продовольственных систем разных типов, но и сформировать и систематизировать инструменты оценивания состояния продовольственной системы, оценить силу ее влияния на рацион, модели питания и здоровье населения [496]; окружающую среду, производство [412] и обеспеченность средствами к существованию [415], бедность, справедливость распределения ресурсов [354], продовольственную безопасность [348] и устойчивость [480].

В октябре 1945 г. в Квебеке была учреждена Продовольственная и сельскохозяйственная организации (ФАО; Food and Agriculture Organization, FAO). Позже между ООН и ФАО было заключено соглашение о придании последней статуса специализированного учреждения ООН по вопросам продовольствия и сельского хозяйства, осуществляющего свою деятельность с целью «ликвидации голода и решения проблемы продовольственной безопасности и неполноценного питания, борьбы с нищетой, устойчивого управления и использования природных ресурсов» [338]. С этого момента ФАО стала играть ключевую роль в процессе формирования мировой продовольственной системы, в мониторинге и координации продовольственной политики в мире.

С середины прошлого века до наших дней глобальная продовольственная система прошла несколько этапов развития, обусловленных разными акцентами и приоритетами. Так, в 1960-е гг. наиболее актуальными были вопросы преодоления голода в бывших колониях, в 1970-е – борьба с кризисами на международных аграрных рынках. С начала 1980-х гг. ФАО совместно с Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) начали формировать международную повестку о преодолении недоедания и голода, обеспечении

продовольственной безопасности в мире, позже – с акцентами на доступность здорового устойчивого питания. Современные продовольственные системы стоят перед новыми, более сложными вызовами: рост населения планеты, изменение климата, неравномерность распределения ресурсов, повышение цен на энергоносители и удобрения, а также геополитические конфликты. С этих позиций особое внимание уделяется вопросам устойчивости и доступности здоровых рационов.

Продовольственные системы непосредственно обуславливают доступность продовольственных ресурсов, влияющих на нутриентный статус и сформированные модели питания, поэтому для мониторинга уровня продовольственной безопасности и обеспеченности потребностей человека в пищевых веществах в разных странах ФАО создан целый блок инструментов, позволяющих снизить информационную неопределенность при решении возникающих проблем. Так, на ресурсах ФАО с 1984 г. агрегируются материалы Международной системы данных о пищевых продуктах INFOODS [375], которая объединяет экспертов по составу пищевых продуктов. Одной из целей ее деятельности является ведение статистических баз данных в области развития продовольственных систем (FAOSTAT), доступности пищи и достижения Целей устойчивого развития (ЦУР) по более чем 245 странам [333].

При решении проблем в области поиска направлений для оптимизации питания населения и совершенствования систем производства и переработки используются материалы технических отчетов комиссий, объединяющие мнения групп исследователей и экспертов в вопросах связи питания и продовольственных систем [147], окружающей среды [146], социальной поддержки и продовольственной безопасности [157; 414] и пр.

Значительный интерес при поиске новых решений в области создания пищевых продуктов представляют исследования новых источников продовольствия и систем производства (new food sources and production systems, NFPS). Этот быстро развивающийся и инновационный сектор охватывает широкий спектр продуктов питания, полученных в результате технологических достижений и биоконверсии. С этих позиций особое внимание следует уделить исследованиям, агрегирующим опыт международных специалистов в следующих научных областях: использование пищевых добавок и функциональных продуктов и их безопасность [315], использование продуктов на растительной основе и полученных на основе 3D-печати [427], расширение использования продуктов, полученных на основе клеточных технологий [341], «точной» (precise) ферментации (процес-

сов ферментации для целенаправленного и эффективного производства пищевых ингредиентов) [302; 467].

Важным для понимания современных представлений об эффективных направлениях развития продовольственных систем является концепция здорового устойчивого питания [326; 472] или здорового рациона (диеты, питания) [365; 498]. Этот объединенный подход ФАО и ВОЗ закрепил связь между пищевыми рекомендациями как основой потребительского выбора и формированием соответствующего спросу предложения со стороны продовольственных систем [469].

Далее концепция здорового устойчивого питания получила конкретизацию в многочисленных исследованиях, которые соотносили обозначенные приоритеты [350; 402; 487] с различными вариантами энергетически сбалансированных и преимущественно растительных диет, с нулевым или умеренным потреблением мяса и молочных продуктов: флекситарианство [79; 461], пескетарианство [486], средиземноморская диета [1], скандинавская диета [398], предупреждающая гипертонию (DASH) [262], а также вегетарианство и веганство [441]. Увеличение потребления «здоровой растительной пищи» и отказ от «неустойчивых, нездоровых диет» [358], устойчивые рационы стали важными направлениями национальных рекомендаций по питанию [84; 357], будучи эффективным средством улучшения состояния окружающей среды, здоровья человека и социальной справедливости [502]. Изменение потребления в сторону устойчивых пищевых паттернов – сложная задача, которая требует изучения аспектов производства и распределения, а также изменения моделей потребления для трансформации управления продовольственной системой [358; 478].

Таким образом, необходим переход к продовольственным системам, обеспечивающим более здоровое и устойчивое питание, которое покрывает все физиологические потребности населения и защищает окружающую среду [471].

В сочетании со стратегиями, обеспечивающими прослеживаемость происхождения пищевых продуктов «от поля до тарелки» [182], усилия в этом направлении ориентированы на создание более справедливых, здоровых и устойчивых продовольственных систем [395; 479], в которых многочисленные секторы взаимодействуют друг с другом [419]. Ключевым инструментом, способствующими переходу к более устойчивым системам питания, становятся диетологические рекомендации по формированию новых пищевых паттернов [326].

Современные исследования демонстрируют, что традиционные подходы к анализу отдельных компонентов продовольственной цепи недостаточны для понимания системных взаимосвязей, влияющих на продовольственную безопасность и здоровье населения [344]. В рамках теории систем продовольственная система выступает как сложная система, поскольку каждый ее компонент может быть классифицирован как самостоятельная система. С этих позиций рассматривать взаимодействие различных элементов – от производства и переработки до потребления и экологических последствий – в их целостном единстве позволяет концептуальная модель продовольственных систем [424].

«Продовольственные системы охватывают весь спектр субъектов и их взаимосвязанную деятельность по созданию добавленной стоимости, связанную с производством, хранением, агрегацией, переработкой, распределением, потреблением и утилизацией продуктов питания, которые производятся в сельском хозяйстве, лесном хозяйстве или рыболовстве, а также в частях более широкой экономической, социальной и природной среды, в которую они встроены» [404].

К основным элементам концептуальной модели продовольственных систем относят производство, хранение, переработку, упаковку, дистрибуцию, транспортировку, маркетинг, рекламу и пропаганду, распределение, потребление, утилизацию отходов.

В научной литературе описаны различные подходы к классификации моделей продовольственных систем [424] и предложено несколько их структур от достаточно сложных с множеством указанных связей до линейных [328]. В ранних моделях продовольственных систем выделялись производство, переработка и упаковка, распределение и торговля, а также потребление, а основные процессы и взаимодействия были сконцентрированы на продовольственной безопасности, а также экологическом и социальном окружении [329].

При всем многообразии подходов и сосредоточенности отдельных исследований на определенных факторах, процессах или участниках сегодня элементы продовольственной системы подразделяются на три основных группы: продовольственные товаропроизводящие цепочки, продовольственная среда и поведение потребителей [147].

Под продовольственной товаропроводящей цепью подразумеваются «виды деятельности и субъекты, обеспечивающие перемещение продуктов питания от этапа производства до этапов потребления и утилизации отходов» [363]. Товаропроводящая цепь

включает следующие этапы: производство; хранение и распределение; переработка и упаковка; розничная торговля и рынки [363].

Хранение и распределение – этап продовольственной товаропроизводящей цепи, на котором образуется максимальное количество пищевых отходов и происходит потеря качественных характеристик, особенно у скоропортящейся пищевой продукции [254; 381].

Продовольственное сырье предполагает изменение нативного состояния для создания новых многокомпонентных продуктов, обеспечения высоких органолептических характеристик и усвояемости, обеспечения высоких показателей пищевой безопасности, поэтому продовольственная товаропроизводящая цепь включает этап переработки и упаковки. Именно на этом этапе задается принципиальная возможность степени технологической переработки поступающих на следующие этапы цепи пищевых продуктов и напитков [233; 334; 430].

Последний выделяемый этап – розничная торговля и рынки, где пищевая продукция предлагается для оптовой или розничной продажи с последующим потреблением домохозяйствами. В рамках исследования особенно важно, что системы социального питания, такие как школьное питание, рабочее питание, питание в учреждениях здравоохранения и социальной защиты, занимают достаточно серьезную долю таких рынков и имеют свои особенности как выбора и приобретения пищевых ресурсов (конкурсная система), так и распределения между получателями (равенство при потреблении, наличие физиологических, объемных, ценовых нормативов и ограничений) [56; 160].

Термин «продовольственная среда» означает «физические, экономические, политические и социально-культурные условия, в которых потребители взаимодействуют с системой для приобретения, приготовления и потребления продуктов питания» [413]. Продовольственная среда – это промежуточное звено более крупных продовольственных систем, определяющее возможности как приобретения пищевых ресурсов, так и самообеспечения продовольствием, что, по сути, формирует состояние продовольственной безопасности государства и пищевого статуса населения.

Термин «поведение потребителей» описывает особенности принятия потребителем решений в области выбора продуктов, способов их хранения, приготовления, распределения в домохозяйстве между его членами, особенностей и режимов потребления [62; 104; 169].

В рамках исследования важно, что совокупность отдельных продуктов, которые выбирает потребитель, формирует его рацион, а количество, пропорции и сочетания различных пищевых продуктов и напитков в рационе, частота их потребления формируют модель питания человека [370].

Попытки классификации продовольственных систем осуществлялись с 60-х годов прошлого века и охватывали вопросы товаропроизводящих цепочек [301; 388], потребительского поведения [288] продовольственной среды [320; 488] и дизайна самих систем [284]. Обобщенная схема концептуальной модели устойчивой продовольственной системы, сформированная на основе обобщения научных подходов, изложенных в упомянутых ранее источниках, приведена на рисунке 1.

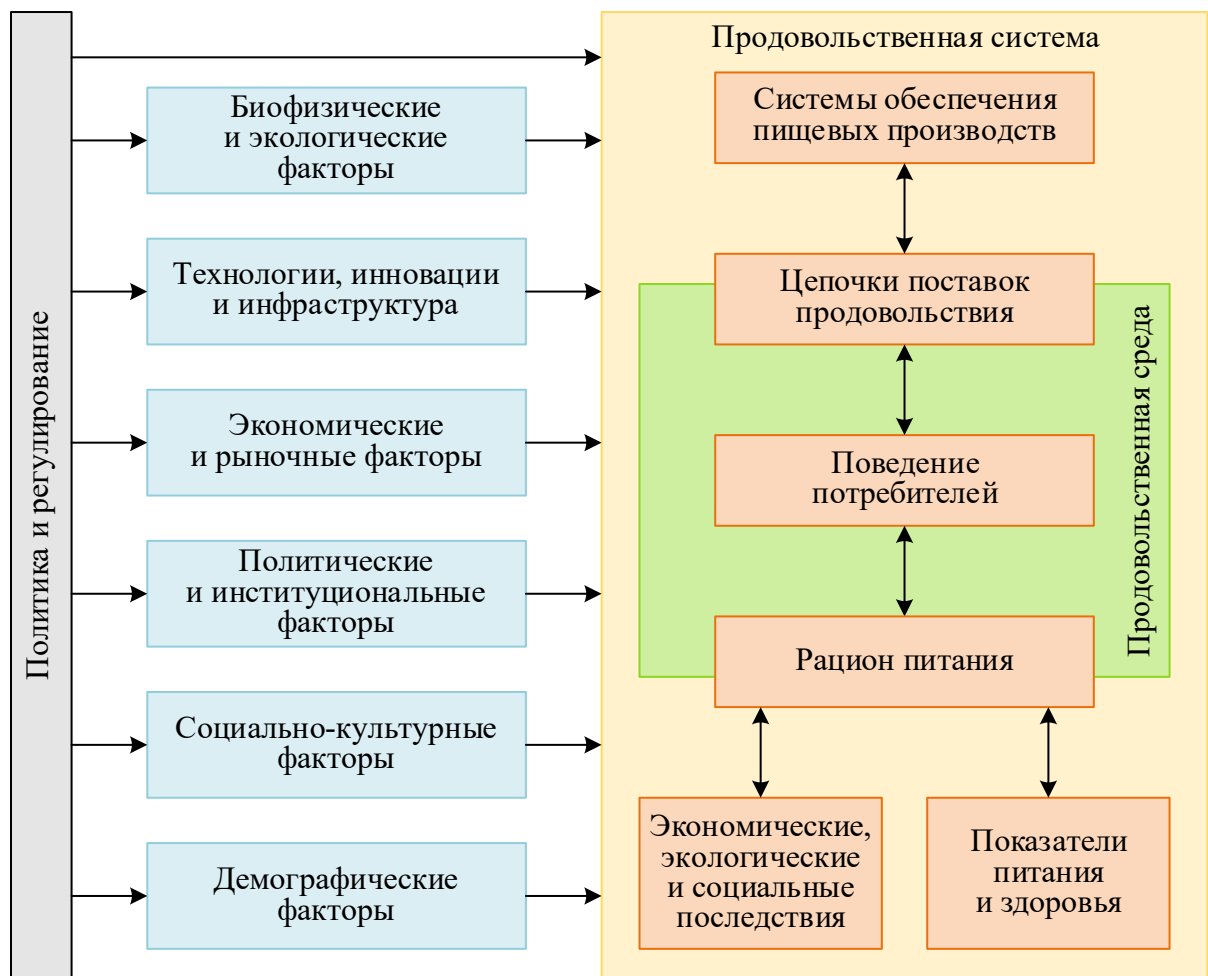


Рисунок 1 – Схема концептуальной модели устойчивой продовольственной системы

Таким образом, тип и специфические возможности продовольственных систем определяют сложившиеся модели питания и формируют пищевой статус населения (и, как следствие, определяют его здоровье, качество жизни, социальную защищенность).

В то же время они являются продуктом существующих продовольственных систем в настоящем и фактором, определяющим направленность их изменения в будущем. С этих позиций необходимо более подробно рассмотреть вопрос влияния продовольственных систем на рацион, пищевой статус и здоровье населения.

1.1.1 Концепция продовольственных систем с позиции влияния на рацион питания, пищевой статус и здоровье населения

Механизмы действующей продовольственной системы определяют технологические и ресурсные возможности по созданию сырьевой пищевой продукции и продуктов их переработки, формируя, как следствие, их безопасность, качество, физическую и экономическую доступность. На самом базовом уровне продовольственные системы определяют количество, качество, разнообразие и пищевую ценность продуктов, доступных для потребления [366; 485]. В свою очередь, «пища составляет основу здоровья и благополучия людей, экосистем и животных» [158].

Обобщение международных подходов позволило выделить основные взаимозависимости между здоровьем и питанием, а также факторами и компонентами продовольственных систем: нездоровое питание и отсутствие продовольственной безопасности; «зоонозные патогены и устойчивость к противомикробным препаратам; небезопасные и фальсифицированные продукты питания; загрязнение и деградация окружающей среды; профессиональные риски» [492].

Представленные на рисунке 2 взаимосвязи демонстрируют место и роль моделей (режимов и рационов) питания в формировании здоровья и благополучия. С этой точки зрения особое внимание необходимо обратить на роль пищевого фактора как одного из факторов риска развития неинфекционных заболеваний (НИЗ).

Связь между здоровьем человека и обеспеченностью пищевыми веществами достаточно изучена [53; 231; 241]. По результатам многочисленных исследований было определено, что более 80 % всех патологических состояний организма вызваны различными нарушениями баланса в рационе питания [82; 94; 105; 150; 200; 220].

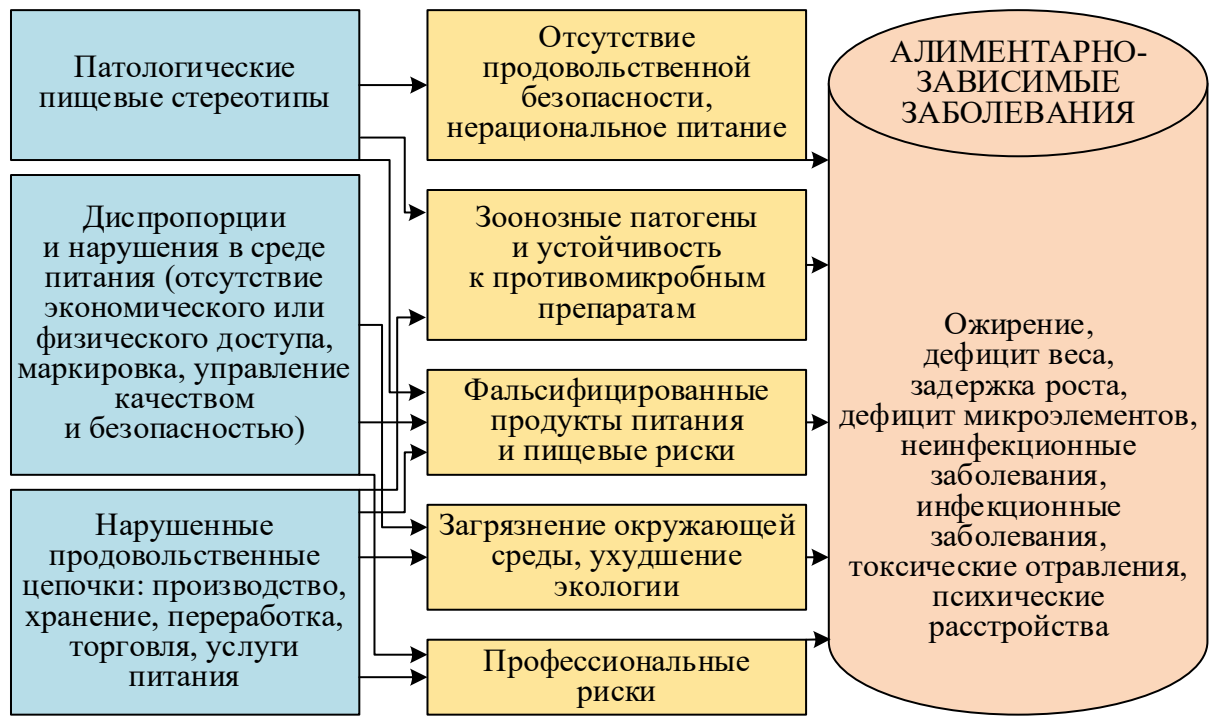


Рисунок 2 – Связь показателей продовольственной системы с состоянием здоровья

Изучение зависимости между качеством питания, обеспеченностью организма человека эссенциальными нутриентами и заболеваемостью нашло отражение в трудах многих отечественных и зарубежных ученых, что привело к формированию таких областей знаний, как гигиена питания [68; 197; 264], диетология [38], цифровая нутрициология [85; 230; 259], медицинская элементология [24; 92], биоэлементология [11] и эпидемиология питания [258]. В связи с этим можно утверждать, что питание рассматривается как фактор управления здоровьем человека и в разной степени затрагивает вопросы организации питания, химических взаимодействий отдельных микро- и макроэлементов, особенностей усвоения пищи и обеспечения ее качества и безопасности.

Цифровая нутрициология как новое научное направление, обозначенное в документах РАН с 2018 г., призвано «осуществить цифровую трансформацию данных о физиологических потребностях человека в пищевых и биологически активных веществах и энергии, химическом составе основных пищевых продуктов, а также создание ЭВМ для разработки персонализированных рекомендаций по оптимальному питанию» [126].

Биоэлементология [458] в контексте работы рассматривается нами как элемент медицинской элементологии [92], с одной стороны, и как интегративная наука [100; 103; 199; 222], опирающаяся на учение В. И. Вернадского и увязывающая химию, биохимию, физику, биофизику, направленная на изучение основ нормального функционирования и

непрерывного возобновления структуры живого вещества, с другой стороны. В ходе развития данного направления группой ученых во главе с А. В. Скальным был наработан методический [135], инструментальный [142; 143] и информационный задел [166; 214; 216], позволивший провести широкомасштабное исследование элементного статуса населения России [223; 266], а также обеспечить достаточный объем материалов для формирования еще одного направления научной сферы знаний, связанного с потреблением пищевых продуктов (в том числе алкоголя, допинговых, наркотических и сильнодействующих средств), – токсикологической химии [235].

В ходе научных, социальных и гигиенических исследований в рамках эпидемиологии питания выявляются взаимосвязи; разрабатываются комплексы профилактических мероприятий, направленных на рационализацию питания и борьбу с НИЗ [58; 94; 120; 150; 258; 399; 453].

Таким образом, практически все рассмотренные выше научные направления направлены на установление взаимосвязей между питанием и заболеваемостью, которые выявляются посредством исследований основных пищевых факторов риска и пищевых детерминант заболеваний среди населения [82; 81; 231; 312].

Отдельного пояснения требуют используемые в рассматриваемых научных исследованиях термины: алиментарные заболевания [42], алиментарно-зависимые заболевания и алиментарно-зависимые факторы риска.

В чистом виде алиментарные заболевания (лат. *alimentarius* – пищевой) представляют собой болезни, обусловленные недостаточным или избыточным поступлением в организм пищевых веществ по сравнению с его физиологическими потребностями [19; 224]. В ряде случаев при длительном однообразном потреблении пищевых продуктов – источников микронутриентов могут возникнуть гипervитаминозы и болезни, спровоцированные избытком минеральных веществ (эндемический флюороз, молибденовая подагра, селеноз) [114; 131]. Еще одна группа заболеваний, о которой стоит упомянуть в связи с растущей частотой в популяции населения, – это связанные с пищевым фактором энзимопатии, т. е. заболевания, вызванные различными дефектами ферментов [25; 390].

Группа иных патологических состояний, связанных с несбалансированным рационом, недостаточным или избыточным по сравнению с физиологическими потребностями поступлением в организм пищевых веществ в целом, получила название алиментарно-зависимых заболеваний.

В свою очередь, когда говорят об алиментарно-зависимых факторах риска, имеют в виду факторы риска НИЗ, связанных с нарушением принципов здорового питания.

В группу НИЗ объединяются: сердечно-сосудистые заболевания, онкологические болезни, хронические респираторные заболевания, сахарный диабет, ожирение и когнитивные нарушения, являющиеся ведущими причинами смерти и инвалидности во всем мире [308; 356]. В целом на долю НИЗ приходится семь из десяти основных причин смертности во всем мире [410].

Не отрицая роли генетических и экологических факторов риска НИЗ, большую роль в развитии заболеваний и дальнейшем прогнозе заболеваемости играют модифицируемые факторы, связанные с образом жизни и характером питания [31; 376; 409].

С алиментарным фактором тесно связаны профессиональные заболевания, при которых лечебно-профилактическое питание выступает одним из защитных и предупреждающих факторов (повышается устойчивость организма к неблагоприятному воздействию вредных производственно-обусловленных факторов) [132]. В качестве лечебно-профилактического питания применяют специализированные рационы, молоко и кисломолочные продукты, витаминно-минеральные комплексы, БАДы [176]. Возникающие в рамках «профессиональной вредности» патологические состояния организма могут быть отнесены к алиментарно-зависимым заболеваниям, которые, в отличие от алиментарных заболеваний, имеют мультифакторную природу, и питание является лишь одним из многих патогенетических факторов.

Еще одна группа заболеваний пищевого генеза напрямую связана с вопросами обеспечения безопасности пищи и ассоциированными патологическими состояниями. Наиболее часто эта группа представлена различными вариантами отравлений: микробными, токсического характера (опасными химическими веществами, радионуклидами, биологическими контаминантами и вредными растительными примесями); пищевыми аллергиями, инфекционными и паразитарными заболеваниями, когда пища выступает фактором передачи [118; 181].

В целом же, обсуждая вопрос алиментарных заболеваний, нами предлагается следующая их классификация (рисунок 3), построенная по материалам [20].

Большинство заболеваний алиментарного генеза относятся к управляемым патологиям [49; 52; 90; 185; 408].

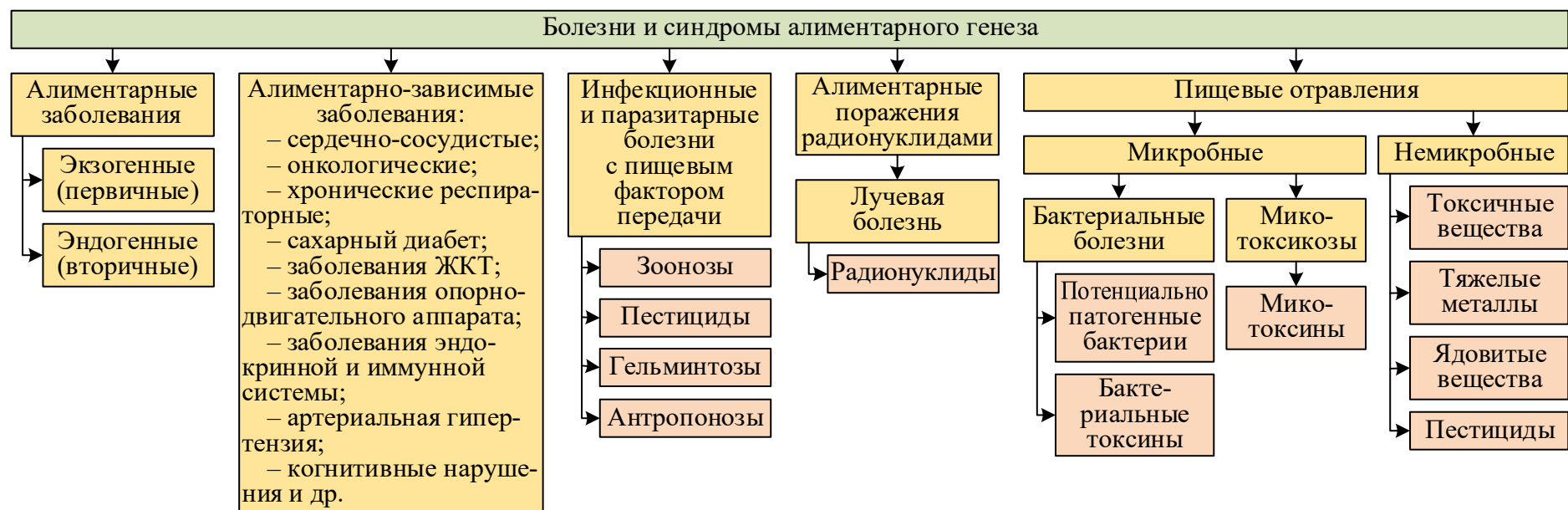


Рисунок 3 – Классификация болезней, синдромов и патологических состояний алиментарного генеза и их причин

Для качественного изменения ситуации с алиментарно-зависимыми заболеваниями требуется не только изменение продовольственных систем, принятие политических решений и внедрение технологических инноваций, но и наличие знаний и практических навыков здорового питания и образа жизни каждого человека [241; 240], позволяющее изменить паттерны потребительского выбора в сторону здоровых альтернатив.

Изучение зависимости между качеством питания, обеспеченностью организма человека эссенциальными нутриентами и заболеваемостью с дальнейшей разработкой путей профилактики патологий, связанных с несбалансированным питанием [60; 80; 253; 380], позволяет находить качественные и достоверные доказательства возможностей эффективного предупреждения алиментарно-зависимых заболеваний населения. В то же время проблема развития таких заболеваний требует комплексного подхода, опирающегося на использование методов изучения фактического питания различных групп населения [54; 226], изучения пищевого статуса [96], качества жизни [57] и доступа населения к пищевой продукции, способствующей устранению дефицита макро- и микронутриентов [123; 138].

Таким образом доступность здорового питания, здоровые модели и рационы представляют собой определяющую задачу при обосновании целевых перспектив развития продовольственных систем и определяющий фактор достижения целей в области здоровья и благополучия населения, что нашло отражение в Национальном руководстве по профилактике хронической и неинфекционной заболеваемости в Российской Федерации [43].

В Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 г. введено понятие «качество продуктов питания», которое определено как «...совокупность характеристик пищевой продукции, соответствующих заявленным требованиям и включающих ее безопасность, потребительские свойства, энергетическую и пищевую ценность, аутентичность, способность удовлетворять потребности человека в пище при обычных условиях использования в целях обеспечения сохранения здоровья человека» [228].

В плане мероприятий федерального проекта «Формирование системы мотивации граждан к здоровому образу жизни, включая здоровое питание и отказ от вредных привычек» предусмотрено проведение мониторинга за состоянием питания различных групп населения [139].

Определение здорового питания, «...ежедневный рацион которого основывается на принципах, установленных... законом, отвечает требованиям безопасности и создает условия для физического и интеллектуального развития, жизнедеятельности человека и будущих поколений...», и качество пищевых продуктов – «совокупность характеристик безопасных пищевых продуктов, отвечающих требованиям... определяющим их потребительские свойства, пищевую ценность, аутентичность, сортность... и удовлетворяющих физиологические потребности человека», закреплены на уровне федерального законодательства [121].

С позиций ВОЗ и ФАО повышение качества питания требует обеспечения всех возрастных групп и всех групп с особыми потребностями здоровья сбалансированным и разнообразным питанием, включая традиционные виды питания, удовлетворяющие потребности в питательных веществах, а также отказ от чрезмерного потребления насыщенных жиров, сахаров и соли/натрия и практически полного исключения из рациона питания транс-жиров [248; 302; 364; 437].

Комитет по всемирной продовольственной безопасности дает следующее определение питательным продуктам (nutritious foods) – это «безопасные продукты, которые содержат необходимые питательные вещества, такие как витамины и минералы (микроэлементы), клетчатка и другие компоненты здорового питания, которые полезны для роста, здоровья и развития, защищая от недоедания. В питательных продуктах присутствие веществ, вызывающих озабоченность общественного здравоохранения, сведено к минимуму» [303].

В результате анализа особенностей перевода терминов в различных документах и научных источниках можно установить, что существует некоторая неоднозначность понятий «пищевая ценность» (nutritional value) и «питательная ценность», «нутриентная ценность» продуктов, при этом в современной литературе возникает термин «нутриентная плотность» (nutrient density), который соотносит не только непосредственное содержание макро- и микронутриентов в разных продуктах, но и содержание их отдельных групп (желательных и нежелательных для системного употребления) и рассматривает содержание отдельных веществ в соотношениях с другими веществами, общей массой продукта и его калорийностью.

Вышесказанное позволяет сделать вывод о том, что продовольственные системы непосредственно определяют:

- принципиальную доступность и достаточность пищевых продуктов, способствуя обеспечения такого критерия здорового питания, как «количество»;
- качественные характеристики производимой пищевой продукции, включая безопасность и химический состав, что обеспечивает критерии «качество», «адекватность», «сбалансированность», «безопасность» рационов;
- широту и глубину предлагаемого ассортимента пищевых продуктов, а также общее количество используемых при его производстве групп пищевых продуктов и сырья – «разнообразие»;
- степень воздействия на окружающую среду применяемых технологий производства и переработки пищевых продуктов – «устойчивость»;
- совокупные прямые эффекты от характеристик производимого и распределяемого в продовольственной системе пищевого продукта на здоровье и качество жизни населения, а также опосредованное воздействие на окружающую среду, включая воздух, землю, воду, флору и фауну.

Таким образом, продовольственные системы непосредственно определяют модели питания, пищевой статус населения и, как следствие, показатели его здоровья.

1.1.2 Трансформация продовольственных систем с целью обеспечения доступа к здоровому устойчивому питанию

Модели питания и, как следствие, пищевой статус населения непосредственно зависят от состояния продовольственной безопасности, а именно от физической и экономической доступности пищевого ресурса, который обусловлен возможностями соответствующей продовольственной системы. В то же время при необходимости направленных воздействий на модель питания в продовольственной системе развиваются такие инновационные технологические решения, которые позволяют обеспечить заданный необходимый прогресс по стратегическим целевым состояниям и обеспечить предложение различных типов продуктов питания.

На базовом уровне продовольственная безопасность определяется способностью продовольственной системы к реализации «права на питание» населения. Под этим тер-

мином понимается одно из основных прав человека, связанное с обязательным условием сохранения национального суверенитета. Доступность и достаточность основных продовольственных групп для населения и обеспечение основного объема ресурсов, направляемых на покрытие потребностей за счет отечественного сельского хозяйства и АПК, – приоритеты, отмеченные в целом ряде нормативно-правовых документов России [67; 121; 122; 128; 228], и обеспечение продовольственной безопасности выступает основополагающим условием при рассмотрении вопросов устойчивого развития страны [236], особенно с учетом особенностей санкционного режима [219; 225].

На уровне консолидированного решения международного сообщества (ФАО) отмечается, что создание и поддержка устойчивости агропродовольственных систем предполагает ряд изменений на социально-экономическом и экологическом уровне, осуществляемых на основе четырех «триггеров преобразований»: «...совершенствование управления; критически настроенные и информированные потребители; улучшение распределения доходов и богатства; а также инновационные технологии и подходы...» [489].

Например, для этапа сельскохозяйственного производства и формирования пищевого сырьевого ресурса особую актуальность имеют создание принципиально новых сырьевых источников, использование отходов других пищевых производств и биофортификация. Если рассматривать новые источники пищевых веществ, то чаще всего речь идет о нетрадиционных или ограниченно используемых в питании видах растений, животных, насекомых, грибов, бактерий и пр. [190; 279; 369; 482].

Современные тренды приводят к необходимости появления новых регламентов и нормативных правовых актов, регулирующих создание новых блюд на основе использования подобного сырья. Novel Food – это пища, которая не имеет значительной истории потребления или производится способом, который ранее не использовался для пищевых продуктов; это тип новых продуктов питания, которых раньше не было ни на одном региональном или глобальном потребительском рынке, которые разрабатываются на основе использования биотехнологических или биоинженерных методов [276; 299; 494].

В Европе для определения статуса Novel Food, к которым относят новые пищевые продукты или новые пищевые ингредиенты, не имеющие истории «значительного» потребления в Европейском союзе (до 15 мая 1997 г.), создаются новые каталоги [491] и новые пищевые технические регламенты [434].

Поскольку пищевая цепь как компонент продовольственной системы включает непосредственно создание пищевого ресурса, его хранение и дистрибуцию, переработку и упаковку, продажу и распределение, переработку/утилизацию отходов, то трансформация продовольственной системы предполагает возможность изменений на каждом этапе пищевой цепи [352; 445; 446; 504]. С этой точки зрения могут появляться как новые пищевые ресурсы, так и новые технологии хранения, переработки, упаковки и переработки отходов с максимальным акцентом на ресурсосбережении [368].

Таким образом, трансформация продовольственной системы предполагает возможность создания уникальных новых решений на любом из этапов пищевой цепи. В научной литературе имеется описание множественных решений и новаций в области:

- создания новых пищевых ресурсов/источников [73; 93];
- создания новых пищевых ингредиентов [33; 35];
- создания новых пищевых продуктов/матриц [41; 70].

Наиболее часто используемые для этого технические и технологические решения опираются на использование генной модификации, различных вариантов обогащения и фортификации, ферментационные процессы (инициируемые как естественным путем за счет содержащихся в продукте компонентов, так и путем добавления в пищевую систему определенных штаммов живых микроорганизмов или ранее полученных на биопроизводствах ферментов).

В рамках данной работы наибольший интерес представляет третье направление – разработка (перекомбинирование, изменение) рецептур и (или) технологии производства в целях создания новых пищевых продуктов.

В научных работах отечественных ученых подходы к выделению новых видов сырьевых ресурсов [29] и продуктов отличаются. Так, в работе Н. В. Тишко с соавторами рассмотрены преимущественно генно-инженерно-модифицированные организмы растительного происхождения [245].

В обзоре Б. Ч. Месхи с соавторами выделены следующие группы новых продуктов питания: синтезированные и генетически модифицированные продукты, продукты диетического питания и функциональные продукты, продукты растительного происхождения (вегетарианские) и ферментированные продукты [95].

Разработка новых пищевых продуктов представляет собой комплексный междисциплинарный процесс, включающий интеграцию классических методик разработки но-

вых продуктов, и опирается на использование подходов конструирования, пищевой комбинаторики, цифровой нутрициологии, броматологии, квалиметрии, машинного обучения, нейронных сетей и пр., что позволяет оперативно адаптировать рецептуры для современных требований рынка, повышая эффективность научных исследований и снижая риски при выведения продукции на рынок [77; 267; 278].

Базовая пищевая комбинаторика является методом конструирования новых пищевых продуктов с заданными органолептическими, физико-химическими и иными характеристиками посредством введения пищевых и биологически активных добавок для достижения необходимых целевых или нормируемых значений показателей [75; 76; 198].

В современных исследованиях пищевая комбинаторика также используется в гипотезе совпадения ароматических соединений, опирающейся на положение о том, что продукты, содержащие сходные летучие соединения, имеют гармоничные вкусовые сочетания [505]. Этот подход реализуется на основе специальных баз данных VCF (Volatile Compounds in Food) [464] и методов химической сенсорики для системного подбора ингредиентов при создании пищевого продукта [508].

Существует также группа исследований, направленных на разработку новых пищевых продуктов и ингредиентов для них на основе разворачивания функции качества (quality function deployment, QFD) и квалиметрического прогнозирования [442; 497], в том числе использование цепной информационной модели (CIM) [291] или управление цепочками поставок [468], планирование экспериментов (design of experiments, DoE) [107; 137], анализ затрат и выгод (cost–benefit analysis, CBA) [501].

QFD обеспечивает ориентацию на требования потребителей, что демонстрируется многочисленными примерами использования квалиметрического подхода к разработке структурированных молочных продуктов [268], мучных блюд с растительными заменителями молока [69], салатов [14], мясных продуктов [109], кондитерских изделий [74] и пр. Планирование экспериментов DoE оптимизирует параметры рецептуры и процесса [359], а соотношение затрат/результатов CBA позволяет оценить финансовую целесообразность разработанной новой пищевой продукции.

С развитием цифровой нутрициологии, объединившей информационные технологии, биоинформатику и нутрициологию, появились инструменты, позволяющие не только конструировать новые продукты, но и учитывать изменения, происходящие в конечном продукте в ходе технологических операций, трансформирующих сырьевые компоненты

[256; 418]. Следующим этапом развития цифровой нутрициологии становится появление цифровых профилей [218] (математические модели, объединяющие ингредиентные и нутриентные матрицы, показатели физико-химических и органолептических свойств) и цифровых двойников продуктов [110; 108; 260; 372; 432].

В настоящем вектор исследований в области пищевой комбинаторики смещен в сторону расширенного цифрового профилирования, что особенно важно при создании продуктов для персонализированного питания с учетом генетической предрасположенности [270; 407].

Отмечая тенденции в области разработки новых продуктов питания, следует отметить, что наряду с процессами, ведущими к появлению принципиально новых пищевых матриц, происходит и изменение подходов к основным (базовым) продуктам питания. Это предполагает системное воздействие на изменение характеристик пищевой продукции, имеющей исторически сложившиеся значительные объемы потребления и занимающей решающее место в сложившемся рационе населения (рис, пшеница, молоко и пр.), а также создание новых продуктов на основе изменения технологических аспектов, приводящих к появлению новых эффектов. от употребления привычных пищевых продуктов, которых ранее у них не было.

Важно отметить, что, помимо производственных этапов уровня создания пищевого ресурса или его переработки, не менее важные изменения продовольственной системы произошли и на таких этапах трансформации пищевой цепи, как хранение и упаковка, распределение и потребление. Каждый из этих этапов имеет множество специфических черт, что обуславливает актуальность разнонаправленных научных исследований.

Среди выделяемых в исследованиях ведущих российских специалистов стратегических направлений научного обеспечения реализации государственной политики России в области оптимизации питания населения [242; 244] предусмотрено:

- обеспечение целей в области импортозамещения и оптимизации питания населения в части восполнения дефицита белка и микронутриентов, снижения калорийности и увеличения пищевой плотности рациона путем насыщения отечественного рынка пищевой продукцией с заданным химическим составом и свойствами;
- расширение ресурсного потенциала пищевой и перерабатывающей промышленности России при производстве продукции с высоким содержанием полноценного легкоусвояемого белка, в том числе за счет использования инновационных пищевых ingredi-

ентов из нетрадиционного сырья (насекомые, микроорганизмы, микроскопические грибы и др.);

- расширение практик обязательного или добровольного крупномасштабного обогащения пищевых продуктов для увеличения доли присутствия на рынке обогащенных витаминами и минералами изделий (например, согласно «Основам государственной политики России в области здорового питания», хлеба – до 50 % от общего объема выпуска);

- развитие и повсеместное внедрение биофортификации с целью повышения микронутриентной ценности пищевой продукции путем селекции растений или животных, использования генно-инженерных технологий, внедрения агрономических приемов с использованием удобрений или опрыскивания растений, обогащения кормов сельскохозяйственных животных микронутриентами;

- увеличение на российском рынке доли профилактических пищевых продуктов с заданным химическим составом, с использованием в рецептурах пищевых волокон, витаминоподобных и минорных компонентов пищи, обладающих антиоксидантными свойствами;

- законодательное закрепление обогащения витамином D и витаминами группы В пищевых продуктов массового потребления;

- реализация образовательных программ в области здорового образа жизни, в том числе питания, как основа здоровьесбережения и улучшения качества жизни россиян.

1.2 Анализ современных программ питания и пищевой коррекции, формирующих здоровое устойчивое питание населения

Программы питания и пищевой коррекции (nutritional interventions) представляют собой комплексные стратегии, направленные на улучшение пищевого статуса, здоровья и качества жизни различных групп населения через систематическое воздействие на продовольственные системы [241; 242; 403]. Современные программы в области питания населения определяются как структурированные инициативы, включающие разработку, внедрение и мониторинг целенаправленных мероприятий по формированию и изменению пищевого статуса и связанных с ним показателей качества жизни и здоровья определен-

ных популяционных групп [151; 391]. Программы питания могут быть реализованы на коллективном уровне через предоставление готовых рационов, отдельных приемов пищи, групп блюд или отдельных наборов пищевых продуктов, а также могут реализовываться в формате программ дополнительной продовольственной помощи и поддержки на уровне отдельный индивидуумов.

1.2.1 Организационно-методические основы программ питания для различных групп населения

Программы питания реализуются через систему мероприятий, направленных на: формирование рациона питания населения; осуществление мероприятий по обеспечению научно обоснованных норм потребления – физиологических, натуральных, объемных и стоимостных; оптимизацию используемых ресурсов и максимизацию и результативности, выражаемой в обеспечении максимально возможного уровня передачи блага (выдаваемого рациона) конечному потребителю (съедаемость/индекс несъедаемости [22; 99]).

Программы пищевой коррекции (коррекции питания, пищевого вмешательства – nutritional interventions) характеризуются как научно обоснованные воздействия, направленные на изменение пищевого поведения, улучшение доступности качественных продуктов питания и оптимизацию продовольственных систем [86; 366]. Такой вид воздействий в области питания основывается на принципах доказательной медицины и учитывает специфические потребности целевых групп, социально-экономические условия и культурные особенности населения [244; 280]. В отличие от программ питания, пищевая коррекция носит более специфический характер и направлена на решение конкретных проблем общественного здравоохранения.

Программы питания направлены на достижение комплексных целей здравоохранения и социального развития, в том числе:

- обеспечение продовольственной безопасности – создание условий для доступа всех слоев населения к качественному и достаточному питанию, включая физическую доступность продуктов, экономическую доступность и культурную приемлемость пищи;

– улучшение пищевого статуса населения – коррекция дефицитов микро- и макро-нутриентов, борьба с различными формами недоедания и отсутствием баланса отдельных нутриентов;

– профилактика алиментарно-зависимых заболеваний – предотвращение развития заболеваний, связанных с неправильным питанием, включая сердечно-сосудистые заболевания, диабет, ожирение и различные формы рака и пр.

Реализация программ в области питания населения основана на многоуровневом подходе, предполагающем воздействие на индивидуальном, групповом, институциональном и популяционном уровнях [323]. Современные программы здорового питания и пищевой коррекции интегрируют персонифицированную модель здоровьесбережения, основанную на принципах 4П-медицины: предиктивность, превентивность, персонализация и партисипативность [86; 129].

Ключевыми компонентами эффективных программ питания являются комплексная оценка пищевого статуса целевой группы, разработка научно обоснованных пищевых рекомендаций [57], внедрение образовательных компонентов, создание благоприятной пищевой среды и систематический мониторинг результатов [403].

Программы должны учитывать не только нутритивные аспекты [116], но и экологическую устойчивость продовольственных систем, экономическую доступность здорового питания и социальную справедливость в доступе к качественной пище [311; 331; 472] (рисунок 4).

Среди программ питания, продовольственной помощи и пищевой коррекции, имеющих разные организационные формы и направленность, особое место занимают программы, реализуемые в системе социального питания и имеющие специфические черты. Системы социального питания характеризуются организованным предоставлением питания определенным группам населения в институциональных условиях [203].

Социальное питание – это вид общественного питания, которое предоставляется определенным категориям граждан в целях удовлетворения их потребности в здоровом питании за счет бюджетных средств или с их использованием для покрытия части расходов, связанных с приобретением сырья, оборудования, созданием условий потребления, оплатой труда занятых в производстве, обслуживании, реализации сотрудников и пр., в рамках государственных социальных гарантий или в ходе решения задач высокой социальной значимости.

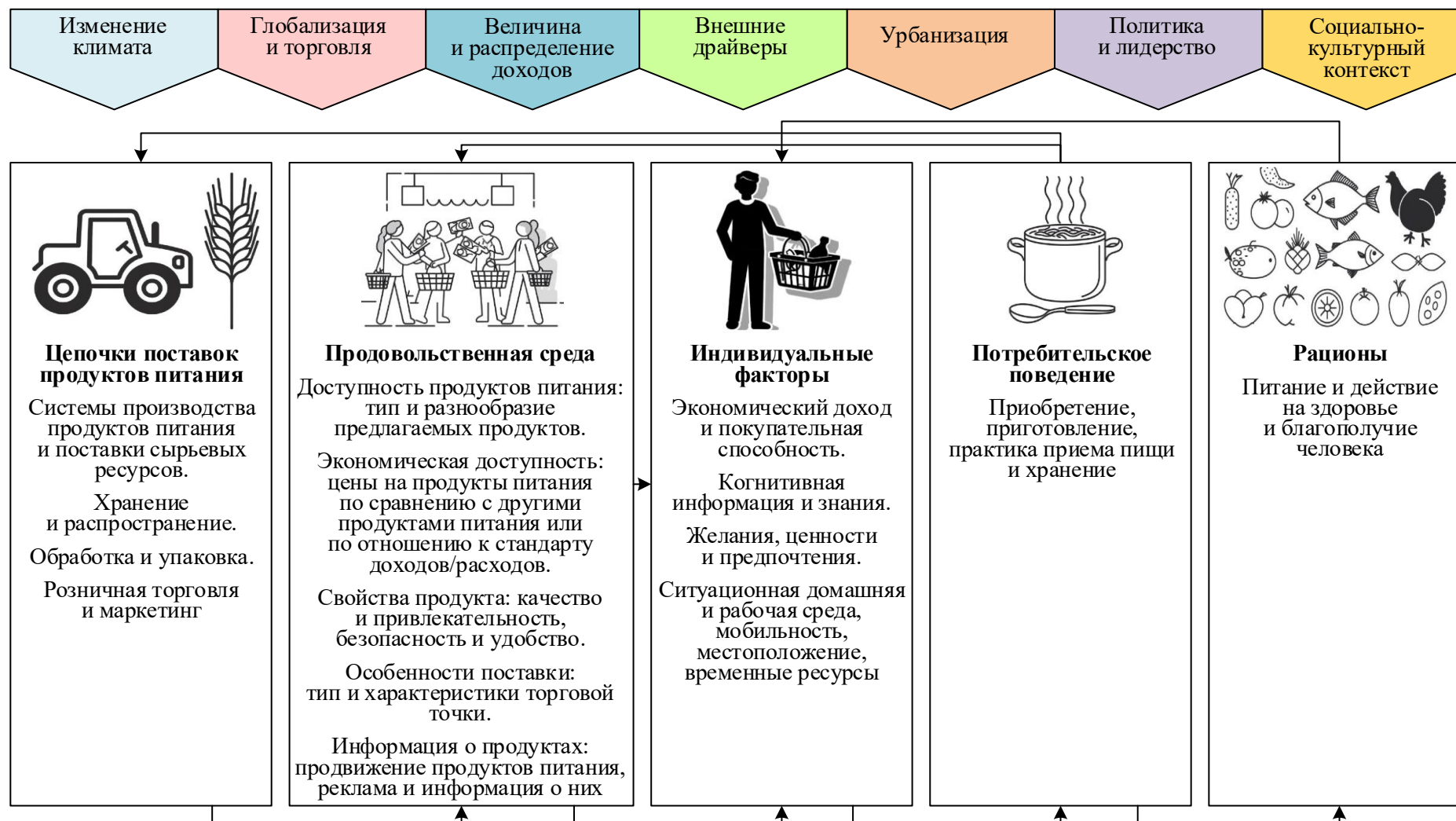


Рисунок 4 – Продовольственный контекст программ питания и пищевой коррекции [332]

В область социального питания объединены все виды коллективно организованной выдачи продовольственных продуктов, блюд и комплексных рационов в детских организованных коллективах, лечебно-профилактических учреждениях, учреждениях социальной защиты, культуры и спорта, по месту занятости, направленные на обеспечение доступности здорового и качественного питания для всех слоев населения страны.

Каждая подсистема социального питания имеет особенности, обусловленные возрастными потребностями, состоянием здоровья и условиями пребывания целевой группы. Например:

– питание в дошкольных образовательных учреждениях основывается на принципах обеспечения полноценного роста и развития детей раннего возраста [131; 174; 201]. Специфика программ дошкольного питания включает: обеспечение разнообразия меню с использованием не менее 20 наименований продуктов в суточном рационе; соответствие энергетической ценности энергозатратам детского организма; использование щадящих методов кулинарной обработки; включение продуктов со сниженным содержанием насыщенных жиров, простых сахаров и поваренной соли [37; 229]. Особое внимание в программах питания, ориентированных на детей дошкольного возраста, уделяется формированию у них здоровых пищевых привычек и стереотипов поведения [156], направленных на исключение микронутриентной недостаточности [59; 103];

– школьное питание регламентируется федеральным законодательством и направлено на обеспечение учащихся сбалансированным горячим питанием [163; 127, ст. 37; 204]. Программы школьного питания в России характеризуются обязательным предоставлением бесплатного горячего питания для учащихся начальных классов [120], что является одним из лучших показателей в мире [175; 177; 221]. Специфика школьных программ включает учет возрастных потребностей в энергии и нутриентах [152; 265] и роли наследственности и окружающей среды [27], соблюдение санитарно-эпидемиологических требований СанПиН 2.3/2.4.3590-20 и интеграцию образовательного компонента по формированию культуры здорового питания [154];

– лечебное питание представляет собой высокоспециализированную систему диетического питания, является неотъемлемым компонентом лечебного процесса и профилактических мероприятий, включает в себя пищевые рационы, которые имеют установленный химический состав и энергетическую ценность, состоят из определенных продук-

тов, в том числе специализированных продуктов лечебного питания, подвергаемых соответствующей технологической обработке [119; 130; 227];

– рабочее и корпоративное питание направлено на поддержание работоспособности, профилактику профессиональных заболеваний и повышение качества жизни сотрудников [313]. Программы питания на рабочем месте – это инструменты, предназначенные для улучшения самочувствия сотрудников, повышения производительности и поддержания общего здоровья [438].

«Продовольственно-ориентированные пищевые рекомендации» (Food-Based Dietary Guidelines, FBDG) служат научной основой для разработки программ питания и пищевой коррекции на национальном и международном уровнях. В разработке глобальных стандартов и рекомендаций по питанию ключевую роль играют ВОЗ и ФАО. Совместный ресурсный гид ВОЗ и ФАО «Strengthening Nutrition Action» предоставляет инструменты для стимулирования действий в области питания [466; 394]. Комиссия «Кодекс алиментариус» устанавливает международные стандарты безопасности пищевых продуктов и качества, которые служат основой для национальных рекомендаций [30].

ФАО определяет пищевые рекомендации как инструменты, содержащие информацию о продуктах питания, пищевых группах и структуре питания, обеспечивающих населению необходимый уровень нутриентов для поддержания общего здоровья и предотвращения хронических заболеваний.

Рекомендации FBDG представляют собой научно обоснованные руководства, которые переводят потребности в пищевых веществах в практические советы по выбору продуктов питания [300]. Более чем в ста странах мира разработаны национальные диетические рекомендации, адаптированные к «своей» пищевой среде, возможностям продовольственной системы, доступности продуктов, кулинарной культуре и пищевым привычкам. Эти рекомендации учитывают не только аспекты физической доступности отдельных групп продуктов, но и национальные и религиозные особенности и экономическую доступность [345].

Другим документом, используемым при разработке программ в области питания, являются «Добровольные руководящие принципы ФАО по продовольственным системам и питанию» (CFS Voluntary Guidelines on Food Systems and Nutrition), которые представляют собой межправительственный инструмент, учитывающий интересы всех участников для разработки скоординированной многосекторальной политики [162], включающей

анализ рациона и пищевого статуса населения, оценку распространенности дефицитов нутриентов, алиментарно-зависимых заболеваний, структуры потребления продуктов в популяции [431] и моделирование оптимальных рационов [335].

В Российской Федерации пищевые рекомендации регламентируются «Рекомендациями по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающим современным требованиям здорового питания», утвержденными приказом Минздрава России от 19 августа 2016 г. № 614 [165]. Эти рекомендации учитывают профилактику хронических неинфекционных заболеваний и включают увеличение норм потребления рыбных продуктов и растительного масла, оптимизацию соотношения различных видов мяса с превалированием мяса птицы, перераспределение молочных продуктов в сторону низкожировых.

Еще одним документом, связанным с предыдущим, являются МР 2.3.1.0253-21 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации» [115]. В этих рекомендациях обозначены потребности в пищевых веществах, которые должны быть удовлетворены при потреблении объемных продовольственных норм питания с учетом половозрастных особенностей и степени интенсивности труда населения.

В настоящее время ФАО и ВОЗ рекомендуют странам разрабатывать современные национальные пищевые рекомендации с учетом необходимости интеграции в них элементов экологической устойчивости [362; 476].

Внедрение концепции здорового устойчивого питания при реализации национальных программ питания и коррекции рационов интегрирует принципы нутритивной адекватности, экологической устойчивости, экономической доступности и социально-культурной приемлемости [331].

В России внедрение концепции здорового устойчивого питания осуществляется через национальные проекты, стратегии и федеральные программы, в том числе:

- федеральный проект «Здоровое питание» является частью национального проекта «Демография» и направлен на создание среды, способствующей здоровому образу жизни [50]. Миссия проекта включает улучшение качества жизни и здоровья граждан благодаря обеспечению безопасными и качественными продуктами, а также внедрение норм здорового питания в каждую российскую семью;

- Стратегия повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 г. направлена на обеспечение полноценного питания, профилактику заболеваний,

увеличение продолжительности и повышение качества жизни населения [228]. Стратегия включает задачи по созданию механизмов стимулирования производителей к выпуску продукции, отвечающей принципам здорового питания, развитию научных исследований в области питания и продвижению принципов здорового питания.

Внедрение концепции здорового устойчивого питания [246] требует междисциплинарного подхода, координации различных секторов экономики и общества, а также активного участия всех заинтересованных сторон [158], основывается на принципах доказательной медицины, учитывает глобальные вызовы в области продовольственной безопасности и изменения климата, способствует достижению Целей устойчивого развития ООН [300; 319] (рисунок 5).

С этих позиций программы, направленные на формирование или коррекцию пищевого статуса и рационов населения, являются примерами непосредственного внедрения таких рекомендаций в системную пищевую практику как отдельных потребителей, так и организованных коллективов. В программах питания необходимо наличие инструментов фиксации и контроля выполнения рекомендуемых и нормируемых значений потребления пищевых веществ и правил распределения и выдачи пищевых продуктов, в том числе в виде блюд и рационов, учета охвата программ, используемых ресурсов и оценки достигнутых результатов.

Анализ российской практики реализации программ питания в первую очередь связан с мониторингом и оценкой программы школьного питания в целом [106; 187] и, в частности, предоставлением питания за счет госбюджетного финансирования для учащихся 1–4-х классов [217]. Условия школьного питания в России регулируются множеством нормативных правовых документов как федерального, так и местного уровня. Необходимость учета территориальных, национальных, физиологических, бюджетных и логистических особенностей и ограничений для формирования востребованных конечным потребителем здоровых рационов требует применения средств учета, контроля и оценки решений, принимаемых в условиях этих ограничений.

Особую роль при этом играет создание цифровых инструментов, способных осуществлять сопоставительную интегральную оценку качества альтернатив при принятии решений в отношении как отдельных продовольственных товаров или групп продовольствия (напитки, хлеб, молочные продукты), блюд и изделий, а также новых, создаваемых пищевых систем и рационов.



Рисунок 5 – Роль диетических рекомендаций, основанных на продовольственных системах (ДРОПС) в достижении ЦУР

1.2.2 Современные подходы к использованию концепции нутриентной плотности в программах питания

Современные продовольственные системы сталкиваются с комплексными вызовами, требующими научно обоснованных подходов к формированию программ питания и пищевой коррекции. Система поддержки принятия управленческих решений (СППУР), связанных с реализацией политики в области питания на национальном уровне, представляет собой многоуровневую структуру, интегрирующую различные научные дисциплины, политические инструменты и технологические решения для обеспечения здорового и устойчивого питания населения [32; 136; 429].

Современные цифровые технологии значительно расширяют возможности систем поддержки принятия решений [271]. Например, MyFood – цифровая система поддержки принятия решений, состоящая из приложения для регистрации питания и автоматической оценки зарегистрированного потребления пищи, а также веб-отчета для медицинских работников, включающего адаптированные рекомендации по питательному лечению и план питания для каждого пациента [452]. Система включает четыре функции: регистрацию пользователей с антропометрическими измерениями, функцию регистрации питания, автоматическую оценку записанного потребления питательных веществ и отчет для медицинских работников с адаптированными рекомендациями.

В России на базе ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» создан научный веб-инструмент на основе технологий искусственного интеллекта для «анализа фактического питания с последующей оценкой состояния здоровья и генерацией рекомендаций, включая персонализированный рацион, который формируется на основе индивидуальных потребностей человека в энергии, пищевых и биологически активных веществах с учетом генома, гендерных признаков, возраста, пищевых предпочтений, профессии, заболеваний, принимаемых лекарственных средств, данных клинического анализа крови, морфоконституциональных характеристик индивидуума, его физической активности и др.» [243].

Важно отметить, что нормы удовлетворения физиологических потребностей человека и уровень их покрытия являются основными при решении вопросов о качестве жизни, социальном благополучии, уровне продовольственной и пищевой безопасности населения разных стран.

Рекомендуемая норма потребления питательных веществ (recommended nutrient intake, RNI) и рекомендуемая суточная норма (recommended dietary allowance, RDA) представляют собой фундаментальные концепции в науке о питании, определяющие количественные потребности в питательных веществах для поддержания здоровья различных групп населения [317; 371]. Эти показатели служат основой для формирования национальной политики питания, разработки стандартов пищевой промышленности и создания программ общественного здравоохранения.

В международной практике существует несколько систем диетических референсных значений (dietary reference values, DRV), которые служат зонтичным термином для полного набора референсных значений питательных веществ [285; 422].

В Великобритании система включает reference nutrient intakes (RNI), lower reference nutrient intakes (LRNI) и safe intake [416]. RNI – это количество питательного вещества, необходимое для 97,5 % населения, чтобы быть здоровым. LRNI – это количество, необходимое 2,5 % населения, чтобы быть здоровым, или уровень, при котором большинство людей (97,5 %) будут испытывать дефицит. Safe intake используется для питательных веществ, для которых недостаточно доказательств для определения EAR, RNI или LRNI.

Российская Федерация имеет собственную систему нормирования потребления питательных веществ, которая интегрирована в структуру Евразийского экономического союза [337; 340]. Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзор) отвечает за безопасность пищевых продуктов и установление стандартов питания [250]. Российские стандарты, в том числе технические регламенты (ТР ТС), соответствуют требованиям технических регламентов ЕАЭС [462]. В России осуществляется системный пересмотр физиологически необходимых объемов потребления [165; 173] с учетом систематического анализа научной литературы и биомаркеров статуса питательных веществ.

Особенности рекомендаций по употреблению белка демонстрируют сложность установления абсолютных показателей. Содержание белка в диетах для взрослых может основываться на рекомендуемой суточной норме 0,8 г/кг в день [436]. Однако последние диетические референсные значения для макронутриентов отражены в расширенном руководстве для оценки потребностей в белке и рассматривают относительную связь абсолютных количеств белка, углеводов и жиров с общим потреблением энергии в контексте профилактики хронических заболеваний [503].

В России аналогичные показатели закреплены в национальных нормативах и методических рекомендациях, однако существует определенная специфика в подходах к расчету и применению этих норм, обусловленная особенностями структуры питания, климатическими и социально-экономическими факторами. Применение абсолютных показателей в России регулируется национальными стандартами (ГОСТ Р 55577-2013 «Продукты пищевые специализированные и функциональные. Информация об отличительных признаках и эффективности») и техническими регламентами в области безопасности пищевых продуктов, которые должны соблюдать производители продуктов питания [118], разработанными для защиты общественного здоровья и обеспечения соответствия продуктов установленным требованиям качества.

В международной практике широко используются системы оценки соответствия пищевых продуктов и рационов установленным RNI/RDA, что позволяет выявлять дефициты и избыточное потребление нутриентов, а также разрабатывать целевые стратегии пищевой коррекции и программы питания.

В России применение абсолютных показателей ограничено рядом факторов: вариабельность химического состава продуктов и рациона; недостаточная детализация национальных таблиц пищевой ценности [6]; сложности учета биодоступности и взаимодействия нутриентов [242].

Кроме того, традиционный подход к предоставлению диетических рекомендаций часто неправильно применяется, что приводит к значительному разночтению в секторах здравоохранения и производства пищевой продукции, а также специалистов по питанию и потребителей. Тем не менее абсолютные показатели остаются основой для разработки нормативных документов, стандартов и методических рекомендаций в области питания.

Альтернативный подход, который может лучше решать вопросы «оптимального» потребления питательных веществ, заключается в использовании концепции нутриентной плотности питательных веществ, применяемой к общему рациону.

Концепция нутриентной плотности (nutrient density) представляет собой фундаментальный подход к оценке пищевой ценности продуктов, основанный на соотношении содержания основных витаминов, минеральных веществ с энергетической ценностью пищи [314; 321]. Научное обоснование концепции строится на понимании того, что современные диеты часто характеризуются избыточным потреблением энергии при недостаточном потреблении микронутриентов. Концепция ориентирована на выделение продуктов,

практически противоположных понятию «пустых калорий» [289; 474]. Продукты с высокой нутриентной плотностью обеспечивают организм максимальным количеством витаминов, минералов и других биологически активных веществ при минимальном поступлении калорий.

Nutrient Rich Food Index (NRF) представляет собой наиболее разработанную систему оценки плотности питательных веществ, которая может применяться к пищевым группам, блюдам, меню и общим диетам [310; 322; 435]. NRF 9.3 является научно обоснованным определением плотности энергии питательных веществ, основанным на девяти питательных веществах для поощрения и трех питательных веществах для ограничения. Модель создана с открытыми, прозрачными базами данных и основана на установленных и авторитетных источниках. Она берет за основу 100 ккал и «невзвешенные» баллы и ограничена ежедневным вкладом питательных веществ до 100 % [495].

Европейское агентство по безопасности пищевых продуктов (EFSA) рекомендует научно обоснованный процесс для маркировки пищевых продуктов, который включает отбор поощряемых и ограничиваемых питательных веществ, алгоритмы подсчета баллов, категоризацию пищевых продуктов, тестирование и валидацию по всем направлениям [447].

Food Compass представляет собой систему профилирования питательных веществ, используемую для оценки полезности различных продуктов, напитков и блюд. Система выходит за рамки традиционных систем классификации питательных веществ, учитывая более глубокую детализацию в описании состава диеты по 54 диетическим атрибутам и девяти категориям, имеющим отношение к здоровью, включая степень переработки продуктов [286].

Нутриентное профилирование (НП) – это мощный инструмент, позволяющий оценить пищевые продукты с точки зрения их вклада в здоровый рацион [499]. В основе НП лежит анализ различных групп питательных веществ: белков, жиров, углеводов, витаминов, минералов и других биоактивных соединений. При этом учитываются как полезные компоненты (например, клетчатка, ненасыщенные жирные кислоты), так и те, которые следует ограничивать (насыщенные жиры, транс-жиры, добавленный сахар, соль).

Несмотря на очевидные преимущества, НП имеет свои ограничения. Одна из главных проблем – сложность создания универсальной модели, которая бы учитывала все нюансы и подходила для всех групп населения. Кроме того, НП не учитывает все аспекты

здоровья, связанные с питанием, например, биодоступность питательных веществ или взаимодействие между различными компонентами пищи.

В России концепция нутриентной плотности постепенно внедряется в научную и практическую деятельность, однако ее применение ограничено недостаточной стандартизацией методик расчета и отсутствием единой нормативной базы [3; 47; 72; 255]. Тем не менее исследования показывают высокую информативность показателя нутриентной плотности для оптимизации рациона различных групп населения.

Применение концепции плотности питательных веществ в школьном питании демонстрирует практические преимущества этого подхода. ВОЗ рекомендует использование профилей питательных веществ для разработки стандартов школьного питания [373], которые включают нормы питания, ограничения маркетинга, стимулирующие действия и ценовую политику.

Российская практика применения концепции плотности питательных веществ развивается в контексте национальных программ улучшения питания населения [180; 242; 389]. Российские исследователи работают над созданием национальных баз данных о составе пищевых продуктов, которые учитывают особенности местного производства и переработки [6; 21; 101; 180; 234]. Цели государственной политики в области здорового питания включают сохранение и укрепление здоровья, профилактику заболеваний через оптимизацию питания различных групп населения [244].

Современные тенденции в разработке продуктов показывают движение к более комплексным подходам, которые при создании пищевых матриц сочетают абсолютные показатели с концепциями плотности питательных веществ [360]. Этот гибридный подход позволяет создавать продукты, которые не только обеспечивают определенный процент от RDA, но и учитывают биодоступность питательных веществ и синергетические эффекты между различными компонентами пищи [396; 405].

1.3 Научно-практическое обоснование применения бобового сырья в современных продовольственных системах

Тема интеграции бобовых культур в современные продовольственные системы имеет многогранное научно-практическое обоснование, объединяющее аспекты нутрициологии, экономики, экологии и технологий пищевых производств.

Современные технологии переработки позволяют преодолеть традиционные ограничения, связанные с использованием бобовых. Применение ферментативной обработки, экструзии и других методов позволяет эффективно снижать уровень ингибиторов протеаз, фитатов, лектинов и олигосахаридов, повышая питательную ценность и переносимость продуктов на основе бобовых.

Регулярное потребление бобовых ассоциировано со снижением риска развития сердечно-сосудистых заболеваний, сахарного диабета II типа, ожирения и некоторых видов рака, что связано с комплексным действием пищевых волокон, низким гликемическим индексом и наличием биоактивных соединений.

1.3.1 Роль, место и перспективы бобовых культур в современных продовольственных системах

Бобовые культуры (фасоль, горох, нут, чечевица, соя, люпин и др.) играют ключевую роль в обеспечении продовольственной безопасности, устойчивого сельского хозяйства и здорового питания населения во всем мире [293; 307; 449]. Уникальные питательные и функциональные свойства, а также экологическая устойчивость делают их привлекательными для разработки как традиционных, так и инновационных пищевых продуктов [385; 507].

Бобовые обладают высокой технологичной универсальностью и широко используются в кухнях разных народов мира, например, для приготовления супов, каш, хлеба, гарниров, консервов, паштетов, соусов и др. В некоторых странах они составляют до 20 %

рациона и являются основой национальных блюд (например, дал в Индии, хумус на Ближнем Востоке) [277; 307].

Современные рыночные тренды указывают на рост спроса на бобовые, особенно в контексте развития растительных альтернатив белковой продукции, что открывает новые перспективы для сельхозпроизводителей [406] и способствует созданию инновационных продуктов на основе бобового сырья: растительные аналоги мяса и молока, белковые батончики, закуски, йогурты, напитки [168; 507]. Белковые изоляты и концентраты бобовых становятся основой для бургеров, сосисок, сыров на растительной основе [444].

В большинстве альтернативных мясу продуктов содержится значительное количество белка, клетчатки и витаминов, при этом отсутствуют холестерин и насыщенные жиры, характерных для животного мяса [274].

Растительные аналоги молока – один из самых популярных сегментов альтернативных продуктов [263]. Особое внимание уделяется достижению текстуры и вкуса, максимально приближенных к «оригиналу» [102]. В производстве сыров и йогуртов на основе бобовых применяются закваски и ферменты, способствующие формированию характерной структуры [384]. Бобовое сырье также успешно используется в производстве напитков, йогурта, сыра, мороженого и заменителей масла не только в лабораторных, но и в промышленных масштабах [393].

Для производства аналогов яйца [426] используются белки сои, маша, люпина, а также крахмалы и растительные масла. Главная задача – добиться гелеобразования и коагуляции, аналогичных натуральному яйцу, и здесь на помощь приходит прецизионная ферментация, которая позволяет производить белки, идентичные яичным, в промышленных масштабах [273; 295].

Современные исследования направлены на расширение применения бобовых в функциональных продуктах питания. Разработаны технологии хлебопечения, где добавление зернобобовых смесей (нут, чечевица) повышает содержание белка до 14–16 % и обогащает изделия витаминами группы В, а также технологии производства кондитерских изделий на основе использования инфракрасной обработки нута, что позволяет создавать воздушные полуфабрикаты, а гидротермически обработанные бобы служат основой для начинок [168]. Перспективным направлением является глубокая переработка сырья для выделения изолятов белка, которые применяются в спортивном и специализированном питании, а технологии экструзии и ферментации расширяют текстурированные возможности бобовых белков.

Таким образом, развитие производства и потребления бобовых культур – важный шаг к формированию устойчивой, здоровой и экологически ответственной системы питания. Бобовые культуры представляют собой многофункциональный компонент современных продовольственных систем, эффективно решающий задачи обеспечения продовольственной безопасности, улучшения качества питания и снижения экологической нагрузки сельского хозяйства.

1.3.2 Современные технологии переработки и повышения пищевой ценности бобовых культур

Современные вызовы в области продовольствия требуют поиска решений, сочетающих высокую пищевую ценность сырьевого источника, доступность, экологическую безопасность и социальную приемлемость. Одним из перспективных направлений становится акцент на растительные продукты и диеты, способные не только улучшить питание населения, но и снизить нагрузку на окружающую среду.

Сложные взаимодействия экологических, экономических и социальных факторов в современных продовольственных системах обуславливают центральное место растительных продуктов и диет в контексте устойчивого развития. Растительные рационы становятся ключевым инструментом для решения задач здравоохранения, экологии и этики [225; 502], а их влияние охватывает от снижения рисков хронических заболеваний до минимизации антропогенной нагрузки на экосистемы, формируя новые парадигмы в пищевой индустрии и потребительском поведении.

Растительные продукты и диеты трансформируют продовольственные системы, предлагая интегрированное решение для «тройной цели»: улучшения здоровья населения, экологической устойчивости и этичности производства [55; 379; 395; 425; 450]. Как отмечает ФАО, переход к растительно-ориентированным моделям питания способен к 2050 г. снизить глобальную продовольственную безопасность на 23 % [481]. Себестоимость производства растительного «мяса» на 20–30 % ниже традиционного, а розничные цены становятся конкурентными благодаря эффекту масштаба.

Ключевыми драйверами востребованности растительного сырья стали технологические инновации: экструдирование, омический нагрев, технология сдвиговых ячеек, 3D-печать, электроспиннинг, а также биоконверсия, микробная и ферментативная биодеструкция, которые позволяют создавать продукты с заданными свойствами, снижая ресурсозатраты и расширяя ассортимент [473].

В пищевой промышленности экструзионная технология была основной в создании продуктов на протяжении последних десятилетий. По мере развития технологии появилась возможность получать не только сухие экструдированные продукты, но и сложноструктурированные, с высоким содержанием воды. Изменение содержания влаги в смеси позволяет имитировать в получаемых на растительной основе экструдатах нежную жевательную текстуру мяса и морепродуктов [287; 428].

Омический (контактный) нагрев предполагает пропускание электрического тока через пищевой продукт, что вызывает равномерное тепловыделение в объеме материала. В отличие от традиционных методов, где тепло передается от поверхности, этот подход обеспечивает быстрый и контролируемый нагрев без локальных перегревов [83]. Данная технология достаточно эффективна для продуктов с частицами (супы, фруктовые смеси) и вязких масс. Например, при обработке соевых белков омический нагрев улучшает растворимость и эмульгирующие свойства, что критично для создания аналогов молочных продуктов [8]. В России метод исследуется для стерилизации овощных пюре, где сочетается с асептическим розливом, сокращая время обработки на 30 % [153].

Технология сдвиговых ячеек – это новая технология получения растительного «мяса», основанная на концепции структур, индуцированных потоком. Технологический процесс протекает в конической или цилиндрической ячейке сдвига Куэтта с использованием четко определенных полей потока для создания биополимерного материала. Сдвиговые ячейки генерируют контролируемые деформации в продукте, что индуцирует ориентацию белковых молекул и формирует волокнистые структуры. Ключевой параметр – скорость сдвига: при $100\text{--}150\text{ с}^{-1}$ достигается оптимальное вытягивание фибрилл без разрушения. Для растительных белков (горох, чечевица) технология применяется для производства продуктов с анизотропной текстурой – «растительного филе», в которых волокна, имитируя мясные волокна, располагаются параллельно. Эффективность технологии подтверждена: например, для горохового белка выход продукции увеличивается на 20 % по сравнению с экструзией без сдвига [457].

Особые перспективы открываются для растительного сырья в рамках технологии 3D-печати [34]. Так, чернила для 3D-принтеров могут создаваться из пюрированных бобовых культур [493]).

Российские разработки (ВятГУ) используют каллусные клетки растений, что позволяет задавать состав продукта на молекулярном уровне – контролировать содержание белков, витаминов и антиоксидантов [290]. Получаемые в ходе использования этого подхода новые продукты безопасны и могут быть использованы в лечебном питании, поскольку позволяют получать продукты с заданным нутриентным составом: например, батончики с повышенным содержанием железа для пациентов с анемией, где компоненты (чечевица, шпинат) подобраны с учетом синергетического эффекта усвоения.

Еще одна технология создания структур – электрогидродинамические процессы, а именно электроспиннинг и электронапыление, в которых используется электрически заряженная струя полимерного раствора для производства волокон или частиц в микронном, субмикронном и наномасштабе [465]. Электроспиннинг – это относительно простая технология, позволяющая получать волокна нано- и микронного масштаба с различными свойствами в зависимости от условий электропрядения. Для создания полимерных волокон из раствора белка используется высокое напряжение (15–30 кВ). Применительно к пищевым продуктам растительные белки (например, из пшеницы или сои) формируют пористые матрицы, имитирующие структуру мышечной ткани. Диаметр волокон (100–500 нм) контролируется скоростью подачи раствора и напряжением [292]. На основе электроспиннинга также осуществляется производство нановолокон растительного белка (EPPNF), которые могут быть использованы как для создания продуктов питания, так и при упаковке пищевых продуктов [272].

Для создания многослойных структур электроспиннинг сочетают с 3D-печатью. Например, первый слой формируется методом электроспиннинга для имитации мышечных волокон, а второй – экструдруется для формирования жировой прослойки. Это позволяет добиться получения сложных текстур, не достижимых при использовании одной технологии.

Технологии биоконверсии и биодеструкции представляют собой инновационное направление в создании пищевых продуктов на растительной основе, сочетая экологическую безопасность, экономическую эффективность и высокую пищевую ценность. Их внедрение способствует рациональному использованию растительного сырья, минимизации отходов и расширению ассортимента функциональных продуктов питания [9].

Биоконверсия – это процесс превращения одних органических соединений биологического сырья в другие под действием ферментных систем растительного, микробного или животного происхождения. Биодеструкция – это разрушение сложных органических соединений (например, целлюлозы, гемицеллюлозы, лигнина) до более простых веществ, пригодных для дальнейшего использования в пищевых технологиях. Этот процесс может осуществляться как с помощью ферментов, так и посредством деятельности специализированных микроорганизмов [28; 89].

Примерами практического применения биоконверсии и биодеструкции растительного сырья могут служить производство белковых изолятов и концентратов из клеток дрожжей и бактерий на основе гидролизированных растительных отходов [7], а также получение биоактивных пептидов, которые могут использоваться в качестве нейротрансмиттеров, геропротекторов, факторов роста, антиоксидантов, иммуномодуляторов, пребиотиков, противоопухолевых и противoinфекционных средств, регуляторов экспрессии генов [35; 51; 93].

Инновации в переработке растительного сырья трансформируют пищевую промышленность, предлагая решения для персонализированного питания и устойчивого производства. В то же время ведется ревизия и переоценка растительных источников, позволяющая выделить наиболее эффективные направления и решения.

Выводы по первой главе

Изложенный выше аналитический материал доказывает, что актуальность исследуемой научной проблемы обусловлена существующей в настоящее время сложной ситуацией в области поиска решений, которые позволят обеспечить доступность здоровых устойчивых рационов для населения с акцентом на использование потенциала продуктов переработки растительного сырья. С одной стороны, влияние продовольственных систем на рацион, пищевой статус и здоровье населения является определяющим, а с другой – пищевые диетологические рекомендации закладывают основу для потребительского выбора и формирования продовольственными системами соответствующего спроса предложения. С этой точки зрения востребованным становится научно-практический подход к

формированию пищевых систем и рационов на основе концепции нутриентной плотности, что обеспечит соответствие не только критериям здорового питания, но и задачам обеспечения устойчивости продовольственной системы.

Программы питания и программы коррекции питания представляют собой важнейшие инструменты, направленные на решение комплексных задач обеспечения населения качественным питанием и профилактики алиментарно-зависимых заболеваний. При этом разработка современных подходов к формированию пищевых систем и рационов должна базироваться на основе концепции нутриентной плотности. В качестве инструмента для решения данной задачи целесообразно использовать систему нутриентного профилирования и интегральный показатель оценки качества рациона.

Анализ различных систем социального питания демонстрирует необходимость дифференцированного подхода к разработке программ питания для детей дошкольного, школьного возраста, а также лечебного, рабочего и корпоративного питания. Каждая система требует специфических решений, учитывающих возрастные потребности, состояние здоровья, профессиональные особенности и социально-экономические условия целевых групп.

Обзор научных исследований показывает, что эффективные системы поддержки принятия решений должны интегрировать множественные факторы: научные данные о биодоступности питательных веществ из различных пищевых матриц, экономическую доступность продуктов, экологическую устойчивость продовольственных систем и культурную приемлемость диетических рекомендаций. Концепция нутриентной плотности обеспечивает основу для такой интеграции, позволяя создавать более гибкие и адаптивные подходы к формированию политики питания.

Анализ научных источников, посвященных применению бобового сырья в современных продовольственных системах, позволяет заключить, что в данный момент недостаточно исследований в области получения пищевых продуктов и блюд на основе бобового сырья. Необходимо создание комплексного подхода к получению и обеспечению заданных свойств сырьевого ингредиента на основе бобового сырья за счет обоснованных приемов ферментативной модификации и СВЧ-обработки.

Совокупный анализ всего вышеизложенного позволил сформулировать цель и задачи исследований диссертационной работы, которые представлены во введении.

2 Организация эксперимента, объекты и методы исследования

2.1 Организация проведения исследований

Теоретические, практические и экспериментальные исследования в рамках диссертационной работы выполнялись в период с 2009 по 2024 г. Работа проводилась в рамках:

– хоздоговора «Обзор белкового растительного сырья, используемого для производства продуктов функционального, специализированного и лечебно-профилактического питания» (№ 17-73-10223/01, 2017–2018 гг.);

– гранта Российского научного фонда «Изучение процессов, протекающих при механической активации и ферментативном гидролизе полимеров растительного сырья и направленных на получение низкомолекулярных компонентов функциональных продуктов питания» (проект № 17-73-10223);

– государственного задания ИХТТМ СО РАН 2015–2020 гг. (проект № 0301-2018-0004);

– государственного задания НИИ гигиены Роспотребнадзора 2018–2025 гг. (НИ-ОКТР № АААА-А18-118082390033-2).

Основной объем экспериментальных работ выполнен: в научно-исследовательских лабораториях кафедры технологии и организации пищевых производств и Центра технологического превосходства (ЦТП) ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет»; в научно-исследовательской лаборатории физико-химии полимерных композитных материалов ФГБУН Институт химии твердого тела и механохимии Сибирского отделения РАН; на базе отдела гигиенических исследований с лабораторией физических факторов ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены» Роспотребнадзора с участием лаборатории биохимии Сибирского научно-исследовательского и проектно-технологического института животноводства Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий РАН.

Общая схема исследований представлена на рисунке 6.

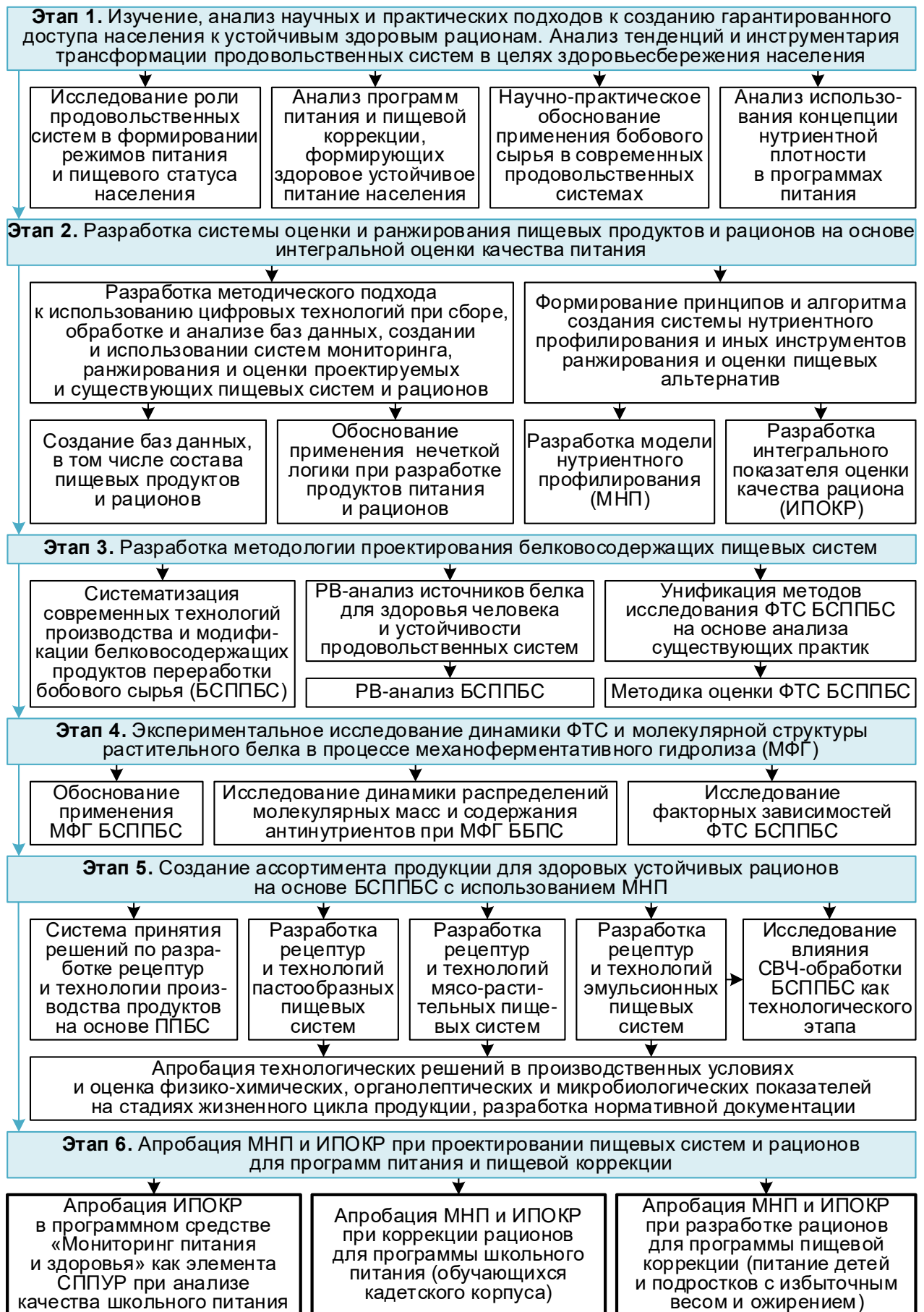


Рисунок 6 – Обобщенная схема исследований

Исследования состояли из нескольких взаимосвязанных этапов.

На *первом этапе* в рамках аналитического обзора литературы проведен анализ современных подходов к понятию «продовольственная система», выделены сложившиеся в научной литературе концептуальная модель и определяющие развитие внутренние и внешние факторы, исследованы перспективные направления трансформации продовольственных систем в парадигме здорового устойчивого питания. Исследована роль продовольственных систем в формировании режимов питания и пищевого статуса населения. Изучен опыт реализации программ питания и пищевой коррекции с позиции формирования здоровых устойчивых рационов, а также специфика использования в национальных программах питания пищевых диетологических рекомендаций, опирающихся на возможности продовольственных систем. Особое внимание уделено перспективам создания новых пищевых систем с учетом спектра существующих возможностей поиска инновационных технологий и альтернативных пищевых источников, в том числе на основе растительного сырья, прежде всего бобовых растений. Проведен анализ практик использования бобового сырья в современных продовольственных системах. Проанализированы противоречия и вызовы, возникающие при создании новых пищевых систем и их внедрении в системно употребляемые рационы населения; определены факторы, ограничивающие использование концепции нутриентной плотности в отечественной практике. На основе анализа отечественной и зарубежной научно-технической и патентной литературы сформулированы цель и задачи собственных исследований в рамках диссертационной работы.

На *втором этапе* сформулирован научно-практический подход и инструментарий для разработки, оценки и ранжирования пищевых продуктов и здоровых устойчивых рационов, включающий обоснование использования цифровых технологий при сборе, обработке и анализе баз данных, создании и использовании систем мониторинга, ранжирования и оценки проектируемых пищевых систем и рационов, формирование принципов системы нутриентного профилирования (СНП), обоснование алгоритма разработки и разработанные на основе применения аппарата нечеткой логики модель нутриентного профилирования (МНП) и интегральный показатель оценки качества рациона (ИПОКР).

На *третьем этапе* научно обоснованно применение разработанной гармонизированной системы РВ-анализа (РВА, анализ рисков и выгод; risk–benefit assessment, RBA) для оценки и ранжирования различных вариантов альтернативных источников белка при формировании новых пищевых систем с позиции существующих рисков и преимуществ

для здоровья человека и устойчивости продовольственных систем. Выполнена унификация подходов к оценке качества и функционально-технологических свойств БСППБС, что позволило сформировать авторскую методику определения значений для ФТС сухих БСППБС. Результаты РВ-анализа бобового сырья как источника растительного белка и верифицированная унифицированная система оценки качества и функционально-технологических свойств ППБС, получаемых в ходе переработки и биоконверсии/биодеструкции (сухих изолятов, концентратов и гидролизатов) легли в основу разработки методологии проектирования белковосодержащих пищевых систем на основе БСППБС и последующего обоснования их использования в качестве пищевой добавки и ингредиента в различных пищевых системах.

На *четвертом этапе* на основе анализа современных технологий производства и модификации БСППБС обосновано применение механоферментативного гидролиза (МФГ) БСППБС. Осуществлено экспериментальное исследование функционально-технологических свойств БСППБС, подвергнутых МФГ, динамики распределений молекулярных масс, содержания антинутриентов и перевариваемости при МФГ ППБС; изучены факторные зависимости ФТС БСППБС.

На *пятом этапе* сформирована система принятия решений, позволяющая осуществлять проектирование рецептур и технологии производства продуктов с использованием БСППБС, которая совместно с разработанной на втором этапе исследования МНП была апробирована для оценки и ранжирования проектируемых пищевых систем: эмульсионных пищевых матриц, соусов, комбинированных фаршевых мясных систем с повышенной нутриентной плотностью. В ходе решения возникших на этапе введения ППБС в пищевую матрицу технологических рисков, в целях снижения содержания антипитательных веществ и улучшения органолептических свойств было обосновано кратковременное микроволновое воздействие на гидромодули ППБС как стадия технологического процесса. Для ассортимента продукции разработанного на основе БСППБС проведена апробация технологических решений в производственных условиях, проведена оценка физико-химических, органолептических и микробиологических показателей на стадиях жизненного цикла продукции, создана технологическая документация.

На *шестом этапе* предлагаемый научно-практический подход апробирован на основе использования модуля программного средства «Мониторинг питания и здоровья» (внедрен в ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены» Роспотребнадзора), реализующего рас-

четы МНП и ИПОКР на этапах проектирования и комплексной оценки качества и эффективности школьного питания, а также при обосновании управленческих решений по его совершенствованию. Работанные инструменты ранжирования и оценки МНП и ИПОКР были апробированы: при коррекции рациона целью системного увеличения нутриентной плотности рациона программы питания (с повышенной общей калорийностью и нутриентной плотностью) для учащихся 1–4-х классов кадетского училища и при коррекции рациона программы пищевой коррекции при ожирении детей 7–11 лет (с пониженной общей калорийностью и с повышенной нутриентной плотностью).

2.2 Объекты и методы исследования

Для выполнения исследований по каждому сформированному блоку (п. 2.1) и реализации научной концепции работы были определены объекты и методы их исследования, использованы стандартные или специально созданные устройства и приборы, позволяющие провести оценку объектов исследования по комплексу показателей, компьютерные программы, разработанные и выбранные для объективной и достоверной оценки экспериментальных результатов.

Экспериментальные исследования проведены с использованием общепринятых, стандартных российских и оригинальных методов, а также методов математического моделирования и обработки экспериментальных данных, удовлетворяющих цели и задачам работы. Эксперименты выполнены минимум в 3–5 повторностях, в одинаковых условиях. Результаты представлены как средние арифметические со средними квадратичными ошибками среднего арифметического ($M \pm m$).

Механоферментативный гидролиз БСППБС для обеспечения точности и сопоставимости результатов проводили в одинаковых условиях по одной и той же технологической схеме. Гидролизаты образцов ППБС получили в ходе ферментативной обработки в течение 4 ч Протосубтилином А250 в концентрации 0,075–2,000 % с оптимальными условиями действия (температура 55 °С, pH 6,7–7,2), последующую деактивацию фермента проводили в течение 45 мин при 75 °С.

СВЧ-обработку образцов проводили микроволновым излучением разной продолжительности в микроволновой печи Daevo KОР-4115А. Параметры: частота магнетрона 2450 МГц, мощность 800 Вт.

Для объективной и достоверной оценки экспериментальные результаты систематизировали на основе методов статистической обработки данных с использованием программных продуктов Microsoft Excel, IBM SPSS Statistics 13, Fuzzy Logic Toolbox среды MATLAB 2021.

Статистическую обработку результатов экспериментальных исследований проводили по методу Стьюдента, статистическую обработку результатов – методами дисперсного и корреляционного анализа с помощью программного продукта Statistica 13 с проверкой адекватности модели по критерию Фишера.

При формировании модели нутриентного профилирования (апробация программно-расчетного блока МНП) задачу построения нечеткой экспертной системы решали на базе MATLAB 2021 путем выполнения процедур фаззификации, формирования алгоритмов нечеткого логического вывода, дефаззификации, применения алгоритма Мамдани и Ларсена в системе FIS Matlab (рисунки 7 и 8). Математическое моделирование и планирование, обработку результатов осуществляли с помощью экспертных систем на основе нечеткой логики, а также проектирования нечетких нейросетей в Fuzzy Logic Toolbox среды MATLAB 2021.

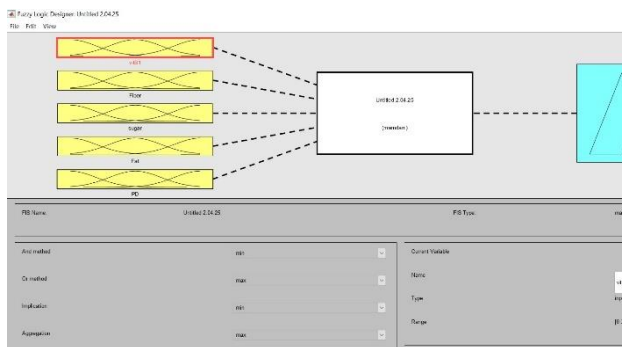


Рисунок 7 – Фрагмент процесса ввода переменных



Рисунок 8 – Фрагмент процесса ввода параметров терм

Характеристикой нечеткого множества выступает функция принадлежности (membership function). Обозначим через $MF_c(x)$ – степень принадлежности к нечеткому множеству CC , представляющей собой обобщение понятия характеристической функции обычного множества. Тогда нечетким множеством CC называется множество

упорядоченных пар вида $C = \{MF_c(x)/x\}$ $C = \{MF_c(x)/x\}$, $MF_c(x)[0; 1]$ $MF_c(x)[0; 1]$. Значение $MF_c(x) = 0$ $MF_c(x) = 0$ означает отсутствие принадлежности к множеству, 1 – полную принадлежность.

Проектирование рецептур блюд повышенной пищевой ценности с дальнейшей комплексной оценкой нутриентной плотности (апробация МНП) реализовано на основе полученного решения и использования базы данных блюд кросс-платформенного программного средства «Мониторинг питания и здоровья» (свидетельство о государственной регистрации № 2022681730 [217]).

Для каждого этапа экспериментальных работ согласно схеме и в соответствии с поставленной целью и задачами были определены объекты исследования, которые оценивали по комплексу показателей:

1) продукты переработки бобового сырья (ППБС).

Для сравнительной оценки ППБС как источника растительного белка и определения их качественных характеристик для последующего обоснования их использования в качестве пищевой добавки и ингредиента в различных пищевых системах:

– изолят горохового белка без гидролиза (база) – ИГБ (КО) (ТУ 10.89.19-001-43173515-2022, ООО «Уралхим Инновация», Россия);

– горох желтый колотый Экстра (ГОСТ 28674, ООО «Агро-Альянс», Россия);

– горох Орегон зеленый колотый (ГОСТ 28674, ООО «Мистраль Трейдинг», Россия);

– чечевица красная колотая Экстра (ГОСТ 7066, ООО «Агро-Альянс», Россия);

– чечевица зеленая колотая Экстра (ГОСТ 7066, ООО «Агро-Альянс», Россия);

Для изучения качества и динамики показателей ФТС при использовании МФГ были сформированы образцы для последующих исследований:

– изолят горохового белка после 1-й стадии помола – образец ИГБ (1-й помол);

– изолят горохового белка после 2-й стадии помола – образец ИГБ (2-й помол);

– изолят горохового белка после МФГ с внесением фермента в количестве 0 % – образец ИГБ (0 %);

– изолят горохового белка после МФГ с 0,075 % фермента – образец ГИГБ (0,075 %);

– изолят горохового белка после МФГ с 0,25 % фермента – образец ГИГБ (0,25 %);

– изолят горохового белка после МФГ с 2 % фермента – образец ГИГБ (2 %);

- гидролизат гороха желтого – образец ГГЖ;
- гидролизат гороха зеленого – образец ГГЗ;
- гидролизат чечевицы красной – образец ГЧК;
- гидролизат чечевицы зеленой – образец ГЧЗ.

Оценку показателей качества и безопасности разработанного ассортимента, в том числе пищевой и биологической ценности, и ранжирование с помощью разработанной МНП проводили на следующих объектах, полученных на основе образцов ППБС:

2) лабораторные образцы пастообразных соусов (соус перечный, соус ореховый, соус томатный);

3) лабораторные и промышленные образцы эмульсионных соусов (майонезного соуса на основе ИГБ, майонезного соуса на основе яиц, соуса на основе ИГБ и ГГЖ с оливковым маслом, соуса на основе ИГБ и ГЧЗ с кукурузным маслом, соуса на основе ИГБ и ГЧК с кунжутным маслом; соус на основе ИГБ и ГГЗ с масла виноградной косточки;

4) лабораторные и промышленные образцы продуктов на основе комбинированных фаршевых мясных систем (суфле из мяса с овощами, суфле из птицы с овощами, вареники мясосодержащие в ассортименте).

Для оценки эффективности управления национальными программами устойчивого здорового питания на основе разработанного комплексного показателя ИПОКР:

5) скомплектованные рационы (обучающихся кадетского корпуса, детей и подростков с избыточным весом и ожирением).

Для получения пастообразных соусов дополнительно использовали:

а) для томатного соуса:

- муку пшеничную не ниже I сорта (ГОСТ 26574, АО «Макфа», торговая марка «Макфа», Россия);
- соль пищевую (ГОСТ Р 51574-2018, ОАО «Тырецкий солерудник», Россия);
- лук репчатый свежий (ГОСТ 34306-2017, ТОО «Асар Food и Со», Россия);
- морковь столовую свежую (ГОСТ 32284-2013, ООО «Овощи-НСК», Россия);
- томатное пюре (ГОСТ 3343-2017, ООО «Премьер», Россия);
- лимонную кислоту моногидрат пищевая (ГОСТ 908-2004, АО компания «Проксима», товарный знак «Приправыч», Россия);
- воду питьевую по СанПиН 1.2.3684, СанПиН 1.2.3685 (ГОСТ Р 51232, ООО «Карачинский источник», Россия);

б) для тыквенного соуса:

- тыкву продовольственную замороженную (ГОСТ 7975-2013, ЗАО «Приобское», Россия);
- тыкву продовольственную свежую (ГОСТ 7975, ООО «Овощи-НСК», Россия);
- муку пшеничную не ниже I сорта (ГОСТ 26574, АО «Макфа», торговая марка «Макфа», Россия);
- соль пищевую (ГОСТ Р 51574-2018, ОАО «Тырецкий солерудник», Россия);
- сахар белый кристаллический (ГОСТ 33222; ООО «РТ Бакалея», Россия);
- лук репчатый свежий (ГОСТ 34306-2017, ТОО «Асар Food и Со», Россия);
- морковь столовую свежую (ГОСТ 32284-2013, ООО «Овощи-НСК», Россия);
- томатное пюре (ГОСТ 3343-2017, ООО «Премьер», Россия);
- масло подсолнечное (ГОСТ 1129, ООО МЭЗ «Юг Руси», товарный знак «Золотая семечка», Россия);

в) для орехового соуса:

- ядра миндаля сладкого (ГОСТ 32857-2014, ООО «Югоптторг-23», торговый знак «Кубань Матушка», Россия);
- сахар белый кристаллический (ГОСТ 33222, ООО «РТ Бакалея», Россия);
- молоко сгущенное (ГОСТ 31688, ЗАО «Алексеевский молочно-консервный комбинат», товарный знак «Алексеевское», Россия);
- молоко питьевое (ГОСТ 31688, пастеризованное, жирность 3,2 %, товарный знак «Эконива», Россия).

Дополнительно для получения эмульсионных соусов использовали:

- масло подсолнечное рафинированное дезодорированное (ГОСТ 1129, ООО «Диво Алтая», Россия);
- масло подсолнечное ароматное, нерафинированное (ГОСТ 1129, ООО МЭЗ «Юг Руси», товарный знак «Золотая семечка», Россия);
- масло виноградной косточки (ООО «ИмпортЛогистик», торговый знак «Costa D'ogo», Россия);
- масло оливковое (ООО «Эркон», торговый знак «Радоград», Россия);
- масло кукурузное (ГОСТ 18848, ООО «Гранд Стар», торговая марка «Кубаночка», Россия);
- масло кунжутное (ООО «Звезда», торговый знак «Елея», Россия);

- горчичный порошок (ГОСТ Р 54705, ООО «АлтайКрупа.РФ», Россия);
- аскорбиновая кислота пищевая (Е300) (ГОСТ 4815, ООО ГК Русхим, торговая марка «ГК Русхим», Россия);
- лимонная кислота пищевая (моногидрат) (Е330) (ГОСТ 908, ООО ГК Русхим, торговая марка «ГК Русхим», Россия);
- молочная кислота пищевая (80%) (Е270) (ГОСТ 490, ООО ГК Русхим, торговая марка «ГК Русхим», Россия);
- сахар белый (ГОСТ 33222, ООО «РТ Бакалея», Россия);
- соль пищевую (ГОСТ Р 51574-2018, ОАО «Тырецкий солерудник», Россия);
- воду питьевую по СанПиН 1.2.3684, СанПиН 1.2.3685 (ГОСТ Р 51232, ООО «Карачинский источник», Россия).

Дополнительно для получения продуктов на основе комбинированных фаршевых мясных систем использовали:

- говядину (ГОСТ 54315, ООО «МПК Алтай», Россия);
- свинину (ГОСТ 31476, ООО «ТПК Сибирь», Россия);
- мясо кур (ГОСТ 31962, Бердская птицефабрика «Алмаз», Россия);
- муку пшеничную не ниже I сорта (ГОСТ 26574, АО «Макфа», торговая марка «Макфа», Россия);
- яйца куриные пищевые (ГОСТ 31654, ООО, Бердская птицефабрика «АЛМАЗ», Россия);
- масло подсолнечное (ГОСТ 1129, ООО МЭЗ «Юг Руси», товарный знак «Золотая семечка», Россия);
- тыкву продовольственную замороженную (ГОСТ 7975-2013, ЗАО «Приобское», Россия);
- капусту цветную замороженную (ГОСТ Р 54683-2011, ЗАО «Приобское», Россия);
- капусту брюссельскую замороженную (ГОСТ Р 54683-2011, ЗАО «Приобское», Россия);
- тыкву продовольственную свежую (ГОСТ 7975, ООО «Овощи-НСК», Россия);
- капусту цветную свежую (ГОСТ 33952, ООО «Овощи-НСК», Россия);
- лук репчатый свежий (ГОСТ 34306-2017, ТОО «Асар Food и Со», Россия);
- морковь столовую свежую (ГОСТ 32284-2013, ООО «Овощи-НСК», Россия);

- соль пищевую (ГОСТ Р 51574-2018, ОАО «Тырецкий солерудник», Россия);
- воду питьевую по СанПиН 1.2.3684, СанПиН 1.2.3685 (ГОСТ Р 51232, ООО «Карачинский источник», Россия).

Оценку качества выбранных объектов производили по номенклатуре, которая включала следующие показатели (таблица 1).

Таблица 1 – Номенклатура показателей качества для оценки объектов исследования – образцов ППБС, в том числе полученных в ходе МФГ и СВЧ-обработки

Группа показателей	Наименование показателей
Физические показатели	Размер частиц, мкм
Пищевая и биологическая ценность	Содержание белка, % к сухому веществу. Содержание жира, % к сухому веществу. Содержание углеводов, % к сухому веществу. Крахмал, % к сухому веществу. Клетчатка, % к сухому веществу. Содержание золы, % к сухому веществу. Содержание аминокислот (аспарагиновая, глутаминовая, серин, гистидин, глицин, треонин, аланин, аргинин, тирозин, цистин, валин, метионин, фенилаланин, изолейцин, лейцин, лизин, пролин), мг/100 г белка. Содержание минеральных веществ (P, Mg, Zn, Ca, Fe, Na), мг/100 г, к сухому веществу
Функционально-технологические и структурно-механические показатели	Влажность, %. Растворимость в холодной воде, %. Растворимость в горячей воде, %. Количество растворенного образца (1 г образца в 10 мл воды), г. Влагоудерживающая способность, %. Жироудерживающая способность, %. Пенообразующая способность, %. Пеноустойчивость, %. Доля термически стабильной пены, %. Эмульсионная активность, %. Эмульсионная стабильность, %. Доля термически стабильной эмульсии, %. Вязкость, мПа/с
Органолептические показатели	Цвет, внешний вид, консистенция, запах, вкус
Содержание антипитательных веществ	ТИА, мг/г. Фитиновая кислота, мг/г
Показатели безопасности	Токсичные элементы. Массовая доля свинца, мг/кг. Массовая доля мышьяка, мг/кг. Массовая доля кадмия, мг/кг. Массовая доля ртути, мг/кг. Микотоксины. Афлатоксин В1, мг/кг. Пестициды: – ГХЦГ (α -, β -, γ -изомеры), мг/кг – ДДТ и его метаболиты, мг/кг

Продолжение таблицы 1

Группа показателей	Наименование показателей
Микробиологические показатели	КМАФАнМ, КОЕ/г. БГКП (колиформы). <i>S. aureus</i> . Патогенные, в том числе сальмонеллы. Сульфитредуцирующие клостридии. Дрожжи, КОЕ/г. Плесени, КОЕ/г
Распределение молекулярных масс	Распределение по фракциям низко-, средне- и высокомолекулярных пептидов, %

В работе для оценки образцов БСППБС (горох желтый, горох зеленый, чечевица красная, чечевица зеленая и их гидролизаты, изолят горохового белка и его гидролизаты) использованы следующие методы исследований.

Размер частиц определяли с помощью анализатора частиц CAMSIZER X2, который позволяет получить данные о размере и форме частиц порошков, гранул и суспензий в диапазоне измерений от 0,8 мкм до 8 мм.

Массовую долю белка определяли по методу Кьельдаля (ГОСТ 10846-91). Сущность метода: минерализация пробы в кислоте, выделение аммиака щелочью и титрование с химическими индикаторами.

Массовую долю жира определяли по ГОСТ 13496.15-2016, метод основан на многократной экстракции жира растворителем из высушенной анализируемой пробы в экстракционном аппарате Сокслета с последующим удалением растворителя и высушиванием выделенного жира до постоянной массы.

Содержание углеводов осуществляли по ГОСТ 26176-2019, крахмала – по ГОСТ 10845-98, содержание клетчатки – по ГОСТ ISO 6865-2015.

Определение содержания золы по ГОСТ 10847-2019 заключается в сжигании навески размолотого зерна с последующим количественным определением несгораемого остатка.

Содержание аминокислот (аспарагиновая, глутаминовая, серин, гистидин, глицин, треонин, аланин, аргинин, тирозин, цистин, валин, метионин, фенилаланин, изолейцин, лейцин, лизин, пролин) в образцах определяли методом капиллярного электрофореза с использованием системы «Капель-105М» по методике М 04-38-2009 и ГОСТ Р 55569-2013. Методика измерений позволяет определять общее содержание аминокислот в образцах с содержанием белка в диапазоне от 2 % до 100 %.

Содержание минеральных веществ определяли следующим образом: кальция – комплексонометрическим методом (ГОСТ 26570-9), магния – титриметрическим методом, натрия – аргентометрическим методом (ГОСТ 13496.1-98), фосфора – фотометрическим методом (ГОСТ 26657-97), железа – фотометрическим методом (ГОСТ 27998-88), цинка – колориметрическим методом в Едином лабораторном комплексе Уральского государственного экономического университета.

В исследовании под функционально-технологическими свойствами БСППБС понимали свойства, определяющие их использование в пищевом производстве и обеспечивающие определенные структурные, реологические, технологические и потребительские свойства получаемых на их основе продуктов. Определение значений показателей ФТС базировалось на механизмах, определяющих их действие, включая «свойства, связанные с гидратацией (растворимость, водо- и жирудерживающая способность), молекулярной структурой белка, степенью денатурации и реологическими характеристиками (гелеобразование и вязкость), а также поверхностными характеристиками (пенообразование, эмульгирующие свойства, и осуществлялось по оригинальной методике [192].

Растворимость определяли следующим образом: на аналитических весах брали навеску 2,4 г, приливали воду, чтобы получить 6 % раствор. Взвесь аккуратно перемешивали до однородности и затем периодически помешивали в течение 15 мин. При определении растворимости при комнатной температуре дополнительное нагревание не проводили, а в горячей воде нагревали на водяной бане при температуре 85 °С и далее охлаждали до комнатной температуры. Для отделения осадка осуществляли центрифугирование (15 мин; 5500 об/мин), промывали осадок водой трижды с повторным центрифугированием. Собранный супернатант при контроле pH доводили до 100 мл водой, а затем высушивали супернатант и осадок до постоянной массы при 105 °С. Растворимость рассчитывали как отношение массы растворенных веществ к исходной массе абсолютно сухой навески.

Водоудерживающая способность (ВУС): в пробирку брали по 1 г образца и добавляли 10 г воды, аккуратно помешивали в течение 30 мин, центрифугировали взвесь (15 мин; 5500 об/мин). Супернатант сливали, осадок взвешивали. Для расчета водоудерживающей способности использовали формулу:

$$\text{ВУС} = 100 \% \times (m_n - m_0) / m_n, \quad (1)$$

где m_n – масса навески осадка после отделения супернатанта, г; m_0 – начальная масса навески сухого вещества.

Жироудерживающая способность (ЖУС): методика аналогична ВУС, но вместо воды использовали растительное масло (1 г навески и 10 мл масла). Далее центрифугировали (15 мин; 5500 об/мин). Надосадочную жидкость тщательно сливали и взвешивали оставшийся осадок. Расчет ЖУС:

$$\text{ЖУС} = 100 \% \times (m_n - m_0) / m_n, \quad (2)$$

где m_n – масса навески осадка после отделения супернатанта, г; m_0 – начальная масса навески сухого вещества.

Эмульгирующие свойства белка оценивали по индексу эмульгирующей активности (*EAI*) и индексу эмульгирующей стабильности (*ESI*). Для исследования подготавливали раствор, который состоял из 3 г образца, 175 мл масла и 175 мл воды. Раствор взбивали при комнатной температуре в пробирке с помощью гомогенизатора (1 мин; 22 000 об/мин). Из получившейся эмульсии быстро отбирали пробы по 20 мл. Для определения эмульгирующей активности (*ЭА*) при комнатной температуре пробы центрифугировали (5 мин; 5500 об/мин). Для определения эмульгирующей стабильности (*ЭСт*) при высокой температуре пробы нагревали на водяной бане в течение 30 мин при 80 °С без перемешивания, остужали 15 мин в проточной воде до комнатной температуры и центрифугировали (5 мин; 5500 об/мин). После центрифугирования образцы аккуратно перемешивали стеклянной палочкой для выравнивания границы разделения.

Эмульсионную активность определяли как отношение объема эмульсии к полному объему. Далее рассчитывали *ЭА* (*EAI*) и *ЭСт* (*ESI*) по следующим формулам:

$$\text{ЭА} = 100 \% \times V_1 / V_2, \quad (3)$$

$$\text{ЭСт} = 100 \% \times V_t / V_2, \quad (4)$$

где V_1 – объем эмульсии (верхнего слоя); V_2 – полный объем; V_t – объем эмульсии после термической обработки.

Пенообразующая способность/свойство – это способность продукта формировать стабильную пену. В исследовании это свойство характеризовали показателями, оценивающими характеристики образуемой пенной системы: пенообразующей способностью (ПС) и стабильностью пены (СП). Образцы готовили путем диспергирования 3,5 г образцов в 350 мл дистиллированной воды с помощью гомогенизатора (1 мин; 22 000 об/мин) при комнатной температуре. Так как граница между водой и пеной достаточно размыта, невозможно определить точное ее расположение. Поэтому измеряли полный объем раствора с пеной. Далее пену отстаивали 1 ч и измеряли полный объем раствора с оставшейся пеной. Пенообразующую способность определяли по формуле

$$\text{ПС} = 100 \% \times (V_1 - V_0) / V_0; \quad (5)$$

стабильность пены – по следующей формуле:

$$\text{СП} = 100 \% \times (V_2 - V_0) / (V_1 - V_0), \quad (6)$$

где V_0 – исходный объем воды; V_1 – объем воды и пены после гомогенизации; V_2 – объем пены и воды после отстаивания.

Органолептическую оценку ИГБ, гидролизатов ППБС, а также образцов, полученных в ходе микроволнового воздействия, проводили комиссией из пяти обученных участников по ГОСТ ISO 6658-2016. Построение сенсорных профилей проводили в соответствии с ГОСТ ISO 13299-2015 и методикой построения вкусоароматических профилей. Сенсорная лаборатория для органолептического анализа соответствовала ГОСТ ISO 8589-2014. Интерпретация понятий соответствовала ГОСТ ISO 5492-2014. Распознавание сенсорных характеристик и количественную оценку интенсивности дескрипторов (положительных – наличие орехового вкуса, приятного аромата, естественного цвета, пережевываемость; отрицательных – ощущение наличия частиц (песчанистость), привкус и характерный запах бобовых, клейкость) осуществляли на основе традиционной пятибалльной шкалы интенсивности без использования коэффициентов весомости (дескриптор не воспринимается – 0, дескриптор выражен сильно – 5). Органолептические показатели определяли в следующей последовательности: цвет, внешний вид, консистенция, запах, вкус. Использованная методика определения цвета «Пантон» (Pantone Matching System,

PMS) основывается на систематизированной системе, в которой каждому цвету присвоены номера, и позволяет различать оттенки одного цвета, что необходимо при органолептической оценке образцов.

Содержание антипитательных веществ определяли следующим образом: активность ингибиторов трипсина – по ГОСТ 33427-2015, основанном на спектрофотометрическом измерении при 280 нм величины оптической плотности продуктов распада белкового субстрата (бензоил-L-аргинин-*p*-нитроанилида) под действием фермента (трипсина, химотрипсина).

Определение показателей безопасности осуществляли: свинец (по ГОСТ EN 14083-213), мышьяк (по ГОСТ 31707-212), кадмий (по ГОСТ EN 14083-2013, ртуть (по ГОСТ Р 53183-2008), афлатоксин В1 (по МВИ. МН 5231-215), ГХЦГ (α -, β -, γ -изомеры) и ДДТ (по ГОСТ 32689.3-2014).

Определение безвредности в тест-дозе препарата Протосубтилин 250 ГЗх и гидролизатов бобового сырья, полученных на его основе, проводили по ГОСТ Р 57199-2016. Для обоснования времени и температуры инактивации внесенного в бобовое сырье Протосубтилина 250 ГЗх определяли протеолитическую активность в ферментсодержащих объектах, используемых в пищевой промышленности, по ГОСТ 34430-2018 (приложение А).

Перевариваемость образцов оценивалась на основе патента Московского института прикладной биотехнологии № 2045918 С1 «Способ определения переваримости белков пищевых продуктов *in vitro*». Предварительно исследуемые образцы подвергались двухстадийному ферментативному гидролизу в модели пищеварения по Покровскому и Ертанову (с использованием пепсина и панкреатина) (приложение Б).

Исследование микробиологических показателей:

– КМАФАнМ (МУК 4.2.2578-10) – методика основана на количественном посеве навески продукта или его разведений на питательные агаризованные среды с последующей инкубацией при 30–37 °С в течение 24–48 ч. На основе подсчета выросших колоний оценивают общую микробную обсемененность;

– БГКП (колиформные бактерии, бактерии группы кишечной палочки) определяли посевом на агаризованные селективно-диагностические среды по ГОСТ 31747-2012, а *Staphylococcus aureus* (золотистый стафилококк) – по ГОСТ 31746-02012;

– сульфитредуцирующие клостридии по ГОСТ 29185-14, оговаривающем метод выявления сульфитредуцирующих бактерий, растущих в анаэробных условиях определения их количества путем посева продукта в плотные питательные среды;

– патогенные микроорганизмы, включая сальмонеллы (ГОСТ 31659-2012). Метод предполагает выделение патогенных бактерий, особенно сальмонелл, в несколько этапов: предварительное обогащение в неселективной среде, последующее обогащение в селективных жидких средах, посев на селективные агаровые среды, идентификация выделенных культур серологическим методом;

– плесени и дрожжи определяли методом посева единичных доз продукта или его гомогената в питательные среды, инкубацией при температуре 25–28 °С в течение 5–7 сут с последующей идентификацией по морфологии колоний и микроскопическому строению по ГОСТ 10444.12-2013.

Оценку молекулярной массы осуществляли по методике [318] с использованием метода гель-электрофореза в полиакриламидном геле с последующей окраской электрофореграмм, анализом микрофотографий в программе Planar Chrom & Spec software. Для подготовки образцов для электрофореза навеску 1,0 г растворялась в 4 мл воды при комнатной температуре в течение 30 мин. Далее подготовка к анализу проводилась по методике U. K. Laemmly [382]. Нерастворившийся осадок отделяли фильтрованием. Аликвоту смешивали с лизирующим раствором и дитиотриэтолом и термостатировали при 95 °С. Полученный образец подвергался гель-электрофорезу. В качестве стандартов использовался бычий сывороточный альбумин (препарат (#SLBB7759V, Sigma Aldrich, США), Апротинин, фармпрепарат Гордокс (ОАО Гедеон Рихтер, Лизоцим, Олайнский завод химреактивов) и набор стандартов. Маркер молекулярного веса белков Servicebio G2083 Prestained protein markers IV (10–200 кДа) (Китай). В отличие от базовой описанной методики [318], при формировании итоговых значений сделана поправка на окрашиваемость белков различной молекулярной массы. Для этого, кроме стандартов молекулярных масс, также использовались стандарты чистых однокомпонентных белков с известным содержанием белка.

Оценку промышленных и опытных образцов пищевых продуктов и блюд (пастообразные соусы, соусы на основе растительных масел (эмульгированные и неэмульгированные), модельные фаршевые системы, блюда на основе комбинированных фаршевых систем и мясосодержащие полуфабрикаты в тесте), полученных на основе изолята и гидро-

лизатов БСППБС, производили по номенклатуре, которая включала следующие показатели (таблица 2).

Таблица 2 – Номенклатура показателей качества для оценки объектов исследования – образцов пищевых продуктов и блюд

Основные группы показателей	Наименование показателя	Пастообразные соусы	Эмульгированные соусы	Неэмульгированные соусы	Модельные фаршковые системы	Блюда на основе комбинированных фаршковых систем	Мясосодержащие полуфабрикаты в тесте
Физико-химические показатели, пищевая ценность и биологическая ценность	Массовая доля влаги, %	*	*	*	*	*	*
	Массовая доля белка, %	*	*	*	*	*	*
	Массовая доля жира, %	*	*	*	*	*	*
	Массовая доля общей золы, %	*	*	*	*	*	*
	Кислотность в пересчете на уксусную кислоту, %	*	*	*		*	*
	Стойкость эмульсии, % выделившегося жира		*				
	Содержание витаминов (В ₁ , В ₂ , А, D, С), мг/100 г к сухому веществу	*	*	*	*	*	*
	Содержание минеральных веществ (Р, Mg, Zn, Ca, Fe, Na), мг/100 г, к сухому веществу	*	*	*	*	*	*
Функционально-технологические и структурно-механические показатели	Вязкость, мПа/с		*		*		
	Потеря массы, %					*	*
	Водосвязывающая способность, %				*		
Показатели безопасности	Токсичные элементы						
	Массовая доля свинца, мг/кг	*	*	*	*	*	*
	Массовая доля мышьяка, мг/кг	*	*	*	*	*	*
	Массовая доля кадмия, мг/кг	*	*	*	*	*	*
	Массовая доля ртути, мг/кг	*	*	*	*	*	*
	Микотоксины						
	Афлатоксин В ₁ , мг/кг	*	*	*	*	*	*
	Пестициды						
	ГХЦГ (α -, β -, γ -изомеры), мг/кг	*	*	*	*	*	*
	ДДТ и его метаболиты, мг/кг	*	*	*	*	*	*
	Перекисное число (ГОСТ 26593), мэкв/кг		*				

Продолжение таблицы 2

Основные группы показателей	Наименование показателя	Пастообразные соусы	Эмульгированные соусы	Неэмульгированные соусы	Модельные фаршевые системы	Блюда на основе комбинированных фаршевых систем	Мясосодержащие полуфабрикаты в тесте
Микробиологические показатели	КМАФАнМ, КОЕ/г	*	*	*	*		
	БГКП (колиформы)	*	*	*	*	*	*
	<i>S. aureus</i>	*	*	*			
	<i>Proteus</i>	*	*	*			
	Патогенные, в том числе сальмонеллы		*		*	*	*
	Сульфитредуцирующие клостридии	*	*	*	*	*	*
	Дрожжи, КОЕ/г	*	*	*			
	Плесени, КОЕ/г	*	*	*	*	*	*
	<i>L. monocytogenes</i>				*	*	*
Органолептические показатели	Вкус и запах, внешний вид и консистенция, цвет	*	*	*	*	*	*
	Состояние после термической обработки	*			*	*	*

Для исследования пищевых продуктов и блюд использовались следующие методы.

Для оперативного контроля реологических показателей и измерения обобщенной вязкостной характеристики образцов продуктов использовали вискозиметр ротационный ЭАК-2М, который дает мгновенное представление о консистенции, выраженное в цифровом виде на индикаторе прибора (не является прибором для измерения конкретных физических параметров объекта – его кинематической или динамической вязкости). Принцип измерений основан на измерении величины механического момента сопротивления вращению насадки, погруженной в анализируемое вещество.

Показатели качества пастообразных соусов : отбор проб – по ГОСТ 26313 и ГОСТ 26313, подготовка проб для определения физико-химических показателей – по ГОСТ 26671; определение массовой доли влаги – по ГОСТ 54607.4, массовой доли жира – по ГОСТ 54607.5, массовой доли белка – по ГОСТ 54607.7, массовой доли растворимых сухих веществ – по ГОСТ ISO 2173, массовой доли титруемых кислот – по ГОСТ ISO 750, массовой доли хлоридов – по ГОСТ 26186.

Показатели безопасности пастообразных соусов: содержание токсичных элементов – по ГОСТ 31628 (мышьяк), ГОСТ 26932 (свинец), ГОСТ 26933, (кадмий), ГОСТ 26935 (олово), ГОСТ 26927 (ртуть); подготовка проб – по ГОСТ 26929, ГОСТ 31671; определение микотоксинов – по ГОСТ 30711; определение пестицидов – по ГОСТ 30710.

Определение микробиологических показателей:

- количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов – по ГОСТ 10444.15;
- бактерии группы кишечных палочек (колиформ) – по ГОСТ 31747;
- патогенные микроорганизмы, в том числе *Salmonella*, – по ГОСТ 31659, ГОСТ 31746;
- плесени – по ГОСТ 10444.12.

Культивирование микроорганизмов и обработку результатов осуществляли по ГОСТ 26670. При проведении микробиологических исследований руководствовались ГОСТ ISO 7218.

Сенсорный анализ пастообразных соусов на основе БСППБС проводили в следующей последовательности: консистенция, внешний вид, цвет, запах, вкус в соответствии с ГОСТ ISO 5492-2014 «Органолептический анализ. Словарь», ГОСТ 17471-2013 «Консервы. Соусы овощные. Общие технические условия»; ГОСТ 18077-2013 «Консервы. Соусы фруктовые. Технические условия»; ГОСТ 26313-2014 «Продукты переработки фруктов и овощей. Правила приемки и методы отбора проб»; ГОСТ 32063-2013 «Кетчупы. Общие технические условия». Для каждой оцениваемой характеристики устанавливали свою сенсорную спецификацию в зависимости от линейки рассматриваемых образцов. Результаты обрабатывали и представляли в виде профилограмм органолептических показателей.

Для соусов на основе растительных масел отбор и подготовку проб, определение массовой доли влаги, белка, жира, pH, кислотности и стойкости эмульсии производили по ГОСТ 31762. Показатели безопасности для эмульгированных и неэмульгированных соусов на основе растительных масел исследовали аналогично пастообразным, за исключением: отбор проб – по ГОСТ 32751, ГОСТ 31904, подготовка проб – по ГОСТ 26669.

Сенсорный анализ соусов на основе растительных масел и БСППБС проводили в следующей последовательности: консистенция, внешний вид, цвет, запах, вкус в соответствии с ГОСТ ISO 5492-2014 «Органолептический анализ. Словарь», ГОСТ 31755-

2012 «Соусы на основе растительных масел. Общие технические условия», ГОСТ 31761-2012 «Майонезы и соусы майонезные. Общие технические условия», ГОСТ 31762-2012 «Майонезы и соусы майонезные. Правила приемки и методы испытаний». Результаты обрабатывали и представляли в виде профилограмм перечисленных показателей.

При исследовании продуктов на основе комбинированных фаршевых мясных систем отбор проб проводили по ГОСТ Р 51447, ГОСТ 32951 (из говядины и свинины), ГОСТ Р 54356 (из птицы), ГОСТ 4288 (рубленые изделия), ГОСТ 33394 (вареники). Проверку качества мясного сырья проводили по ГОСТ 7269, ГОСТ 19496, ГОСТ 21237, ГОСТ 23392. Обоснование сроков годности для полуфабрикатов мясосодержащих в тесте осуществляли согласно методическим указаниям МУК 4.2.1847-04.

Вязкость образцов продуктов измеряли с помощью вискозиметра ротационного ЭАК-2М. Содержание воды в модельных образцах мясных фаршей определяли высушиванием навески изделий при температуре 130 °С в течение 40 мин до постоянной влажности.

При определении цвета образцов использовали набор вееров Pantone Formula Guide (Coated & Uncoated) системы стандартизации цветов Pantone Matching System (PMS).

Влагосвязывающую способность (ВСС) определяли методом прессования, который основан на выделении воды из образца при легком его прессовании; количество отделившейся влаги определяют по площади пятна, оставляемого ею на фильтровальной бумаге, при этом 1 см² площади влажного пятна фильтра соответствует 8,4 мг воды. Массовую долю связанной влаги вычисляли по формуле

$$\begin{aligned}x_1 &= (A - 8,4Б) \times 100 / m_0; \\x_2 &= (A - 8,4Б) \times 100 / A; \\CB &= x_1 / x_2,\end{aligned}\tag{7}$$

где x_1 – массовая доля связанной влаги, % к массе мяса; x_2 – то же, % к общей влаге; A – общая масса влаги в навеске, мг; $Б$ – площадь влажного пятна, см²; m_0 – масса навески мяса, мг; CB – массовая доля связанной влаги, % к общей влаге.

Определение массовой доли влаги проводили по ГОСТ 9793, массовой доли жира – по ГОСТ 23042, массовой доли белка – по ГОСТ 25011, pH и кислотности – по ГОСТ 4288, массовой доли хлористого натрия – по ГОСТ Р 51480. Анализ потерь массы при

термической обработке выполняли гравиметрическим методом при помощи аналитических весов ВЛ-320С по ГОСТ Р 53228.

Показатели безопасности определяли методами, указанными для пастообразных соусов, при следующих исключениях: содержание пестицидов – по ГОСТ 32308; отбор проб – по ГОСТ 31904, ГОСТ Р ИСО 17604, подготовка проб – по ГОСТ Р 51448, ГОСТ 26669.

Для органолептической оценки модельных фаршей использовали пятибалльную шкалу с учетом коэффициентов весомости по ГОСТ ISO 5492-2014 «Органолептический анализ. Словарь», ГОСТ 4288 «Изделия кулинарные и полуфабрикаты из рубленого мяса. Правила приемки и методы испытаний», ГОСТ Р 55790 «Полуфабрикаты из мяса птицы рубленые для детского питания», ГОСТ 9959-2015 «Мясо и мясные продукты. Общие условия проведения органолептической оценки». Вкус и запах определяли после термической обработки. Результаты оценок представляли в виде профилограмм.

Для всех видов образцов определяли нутриентные профили с помощью оригинальной МНП. На основании получаемых результатов ранжирования и с учетом рангов контрольных образцов и существующих аналогов осуществлялось принятие решений в отношении итогового рецептурного состава разрабатываемого ассортимента, используемого при последующей разработке технико-технологической документации.

3 Разработка методологии оценки и ранжирования пищевых продуктов и рационов на основе интегральной оценки качества питания

3.1 Обоснование целесообразности использования инструментов нутриентного профилирования и оценки качества питания для достижения целей в области питания и здоровьесбережения населения

Современные нутрициологические подходы к рационализации питания населения требуют учета влияния не только пищи на устойчивость всемирной продовольственной системы или на организм самого человека, но и всего многообразия особенностей симбиотического пищеварения, обусловленного составом микробиома каждого индивидуума, поддерживающего биохимическое, метаболическое и иммунное равновесие, необходимое для здоровья человека. При появлении новых видов пищевых продуктов зачастую используются очень сложные технологические и биотехнологические приемы и методики, сами новые продукты зачастую не имеют природных аналогов, и их влияние на организм человека только предстоит изучить. И хотя с точки зрения химического состава так называемые Novel Foods, разработанные с использованием биотехнологических, биоинженерных методов или улучшенные путем фортификации пищи, могут быть достаточно хорошо описаны и изучены, но как новые продукты, которых ранее не было ни на одном региональном или глобальном потребительском рынке, они требуют проведения доклинических и клинических испытаний и накопления знаний об особенностях их усвоения и рисках системного потребления для организма человека.

В таких условиях отдельный пищевой продукт или даже комплексный рацион становится не просто набором белков, жиров и углеводов, обеспечивающим энергозатраты, и не только источником необходимых микроэлементов и биологически активных веществ. Учитывать питание как ресурс управления здоровьем нации и направленного улучшения качества жизни «...необходимо не только для разработки способов эффективной диетической коррекции дисбиотических нарушений, возникающих при алимен-

тарно-зависимых заболеваниях, но и для поддержания баланса микробиоты у здоровых людей» [115].

Для достижения целевых задач программ питания и пищевой коррекции для различных групп потребителей необходимо рассмотреть имеющиеся в мировой практике подходы и инструменты, позволяющие оптимизировать принимаемые решения, наиболее полно удовлетворять требованиям отдельных контингентов и доступности имеющихся ресурсов (финансовых, материально-технических, сырьевых, трудовых) при организации питания на групповом и индивидуальном уровнях. Одним из таких подходов является использование при обосновании решений нутриентных профилей, не только отражающих нутриентную плотность продуктов, но и позволяющих проводить сравнения (см. параграф 1.6). Нутриентное профилирование (НП, англ. *nutrient profiling*) – это своего рода механизм классификации продуктов в соответствии с их пищевой ценностью с целью профилактики заболеваний и укрепления здоровья. Суть НП заключается в объективной оценке пищевой ценности продуктов, что призвано помочь потребителям делать более осознанный выбор и поддерживать реализацию эффективной политики в области питания на уровне государства. Системы НП получили значительное распространение в мире, и к началу 2025 г. их насчитывалось более трехсот.

Модели нутриентного профилирования (МНП) оценивают пищевую ценность отдельных продуктов на основе их химического состава. Критериями ранжирования продуктов по степени соответствия принципам здорового питания выступают количество содержащихся в них питательных веществ – нутриентная плотность, пониженная калорийность, низкое содержание жира, сахара и соли.

Термин «нутриентный профиль» (*nutrient profile*) относится к питательному составу пищи или диеты, тогда как «нутриентное профилирование» (*nutrient profiling*) относится к классификации пищевых продуктов на основе их питательного состава для конкретных целей (например, просвещения по вопросам питания, изменения рецептуры продуктов, маркировки продуктов, чтобы помочь потребителям делать обоснованный выбор продуктов, особенно в питании детей) [484].

Методы НП широко используются в пищевой промышленности для изменения «портфелей» предлагаемой продукции и моделирования более «здоровых» предложений. Общим принципом создания системы НП является наличие подготовленного базиса – опубликованных национальных или глобальных стандартов питания или принятых диет-

тологических рекомендаций по питанию, определенных размеров порций продукта и открытых баз данных о химическом составе (содержании питательных веществ). Разработка и тестирование моделей НП для целей общественного здравоохранения предусматривают последовательную реализацию этапов принятия решений, изложенных Европейским агентством по безопасности пищевых продуктов.

С этой точки зрения важно понимать, что профилирование связано с управлением рынком продукции, доступной потребителю, с целью предоставления ему возможности делать более «здоровый» выбор. В России уже реализуются мероприятия в этом направлении: введена маркировка, направленная на снижение потребления критически значимых пищевых веществ – добавленного сахара, соли, насыщенных жирных кислот и транс-изомеров жирных кислот, путем нанесения дополнительной цветовой индикации на маркировке пищевой продукции с учетом содержания в ней вышеуказанных критически значимых веществ (по отношению к рекомендуемой суточной потребности) [257]. В методических рекомендациях МР 2.3.0122-18 «Цветовая индикация на маркировке пищевой продукции в целях информирования потребителей» оговорены предельные диапазоны содержания нежелательных компонентов пищевой продукции, однако НП предполагает сопоставление продукции по целому ряду показателей.

Мировая практика свидетельствует, что классификация и ранжирование продуктов могут осуществляться на разных основаниях. Подходы к формированию систем НП фокусируются на оценке отдельных продуктов в рамках выделенных пищевых категорий. Это позволяет выделить из определенной группы те альтернативы, которые способствуют здоровому образу жизни, от тех, которые могут нанести вред, что помогает потребителю принять информированное решение. В основе НП лежит анализ различных групп питательных веществ: белков, жиров, углеводов, витаминов, минеральных веществ и других биоактивных соединений. При этом учитываются как полезные компоненты (например, клетчатка, ненасыщенные жирные кислоты), так и те, которые следует ограничивать (насыщенные жиры, транс-жиры, добавленный сахар, соль). Важно понимать методологию, лежащую в основе конкретной системы НП, поскольку различные модели НП используют разные критерии и весовые коэффициенты для этих компонентов, что может приводить к различным результатам.

Несмотря на очевидные преимущества, НП имеет свои ограничения. Одна из главных проблем – сложность создания универсальной модели, которая учитывала бы все ню-

ансы и подходила для всех групп населения. Кроме того, НП не учитывает все аспекты здоровья, связанные с питанием: например, биодоступность питательных веществ или взаимодействие между различными компонентами пищи. Еще одну сложность представляет необходимость постоянного обновления данных о пищевых продуктах и учета новых научных открытий, что требует значительных ресурсов при создании инструментов для реализации возможности эффективного использования систем НП.

В настоящее время на практике используются разные подходы к созданию систем НП для обычных пищевых продуктов и сырья и продукции, получаемой с использованием ферментативных процессов. В таблице 3 приведена краткая характеристика наиболее популярных и имеющих массовое распространение моделей нутриентного профилирования.

Таблица 3 – Характеристики моделей нутриентного профилирования

Название МНП	Краткая характеристика
Ofcom [475; 483]	Модель изначально разработана для регулирования телевизионной рекламы для детей в Великобритании. Учитывает семь питательных веществ, которые следует ограничить, а также питательные вещества и пищевые компоненты, употребление которых следует поощрять, включая фрукты, овощи, орехи и бобовые
(FVNL) FSANZ – Australia New Zealand Food Standards Code [281]	Модель пищевых стандартов Австралии и Новой Зеландии была разработана для регулирования заявлений о полезности пищевых продуктов для здоровья. Продукты питания классифицируются на «разрешенные» или «неразрешенные» на основе заранее определенных пороговых баллов для каждой категории продуктов питания по системе
NPSC – Nutrient Profiling Scoring Criterion Nutri-Score [411]	Разработана для использования при маркировке пищевых продуктов на лицевой стороне упаковки и при изменении состава пищевых продуктов во Франции. Nutri-Score является производной от модели Ofcom и во многом ей аналогична, за исключением того, что для некоторых сыров, жиров и напитков учитываются альтернативные критерии питательных веществ и (или) заранее определенные пороговые значения. В зависимости от содержания питательных веществ и компонентов в 100 г пищевого продукта и его пищевой категории модель генерирует итоговую оценку, при этом более низкая оценка соответствует продукту с более благоприятным питательным профилем. Модель разработана в 2017 г. во Франции и рекомендована к использованию в Бельгии, Швейцарии, Германии, Испании, Нидерландах и Люксембурге
EVRO [499; 500]	Модель Европейского регионального бюро ВОЗ была разработана для ограничения продажи «нездоровой» пищи детям. EVRO учитывает восемь питательных веществ, потребление которых необходимо ограничить, включая промышленно производимые транс-жиры и добавленные сахара. В зависимости от содержания питательных веществ в 100 г продукта модель классифицирует продукт как «разрешенный» или «неразрешенный» для продажи детям

Продолжение таблицы 3

Название МНП	Краткая характеристика
РАНО – Pan American Health Organization Nutrient Profile Model [423]	Модель Регионального бюро ВОЗ для Северной и Южной Америки (Панамериканской организации здравоохранения) разработана для различных целей регулирования, направленных на борьбу с эпидемией ожирения. На основе уровня питательных веществ, приходящихся на долю энергии, покрываемую продуктом, модель классифицирует пищу как «неизбыточную» по любому питательному веществу или «избыточную» по одному или нескольким питательным веществам
HCST [477]	Модель оценивает соответствие рациона рекомендациям по питанию, содержащимся в Канадском руководстве по питанию (CFG). Модель базируется на необходимости ограничения потребления и содержания четырех питательных веществ: общее количество жиров, насыщенные жиры, натрий и общее количество сахаров. В зависимости от содержания питательных веществ в одной порции продукты классифицируются на четыре уровня: продукты первого и второго уровня соответствуют CFG, их следует употреблять часто; продукты третьего уровня частично соответствуют CFG, их следует употреблять реже; продукты четвертого уровня не соответствуют CFG, их потребление должно быть ограничено

Практически все системы НП построены по одному принципу: количественная (балльная, абсолютная или относительная) оценка содержания квалифицирующих (желательных для употребления) и дисквалифицирующих (нежелательных или ограничиваемых) ингредиентов. В различных системах могут быть выделены разные категории (группы) продуктов или блюд, в рамках которых осуществляется сравнение и ранжирование разных наборов оцениваемых макро- и микронутриентов; оценка может производиться путем расчета соотношений или диапазонов баллов по сравнению с минимальными, рекомендуемыми или предельно допустимыми нормами. Модели НП могут быть реализованы с помощью разных методов составления профилей питательных веществ – порогового метода и метода подсчета очков. Критериями отбора критически значимых показателей, которые включаются в национальную или корпоративную систему НП, служат принципы здорового питания или пищевые рекомендации соответствующего уровня, гармонизированные с глобальными требованиями здорового питания ВОЗ.

Сравнение основных компонентов и механизмов оценивания, используемых в наиболее распространенных национальных системах НП, приведено в таблице 4. Следует отметить, что в отдельных рассмотренных в ходе исследования системах НП, помимо указанных в таблице индикаторов встречались другие, например, в качестве квалифицирующих (ω -3 ПНЖК, витамин А, витамин С, фолаты, Fe, Ca), а из дисквалифицирующих – немолочный сахар.

Таблица 4 – Сравнительная оценка основных элементов разных национальных систем нутриентного профилирования

Показатель	Ofcom (Великобритания)	EURO (ВОЗ для Европы)	РАНО (ВОЗ для Америки)	FSANZ (Австралия и Новая Зеландия)	HCST (Канада)	Nutri-Score (Франция)	Маркировка «Светофор» (Россия)
Количество групп продуктов	2	20+	5	4	4	2	19+
Продукты питания, в том числе:	*	17		*		*	
Овощи и фрукты				*	*		
Зерновые продукты					*		
Молоко и альтернативные ему продукты					*		
Мясо и альтернативные ему продукты					*		
Сыры и жиры				**		*	
Разделение всех пищевых продуктов на пять подгрупп, в том числе ультрапереработанные; обработанные; необ- работанные или минимально обработанные; кулинарные ингредиенты и свежеприготовленные блюда			*				
Напитки	*	5					5+
Оценивание в баллах	*	*	*	*		*	
Оценивание категорийное или квартильное	*	*	*		*	*	*
Количество индикаторов	7	8	5	7	4	7	4
Вид индикаторов:							
на 100 г/100 мл	*	*		*	*	*	*
на 100 ккал/кДж			*				
референсные значения для разных категорий					*		*
Дисквалифицирующие индикаторы							
Общее количество жира		*	*		*		*
НЖК	*	*	*	*	*	*	*
Транс-жиры		*	*				*
Холестерин							
Общий сахар	*	*		*	*	*	
Свободный сахар		*	*				
Добавленный сахар							*
Подсластители		*					
Соль (Na)	*	*	*	*	*	*	*
Калорийность	*	*		*		*	
Квалифицирующие индикаторы							
Белок	*			*		*	
Пищевые волокна	*			*		*	
Фрукты, овощи, орехи, бобовые (FVNL)	*			*		*	

Обобщая вышеизложенное, отметим, что системы НП являются результатом расчетных процедур, направленных на получение количественной оценки путем соотнесения абсолютных, относительных и референсных значений содержания отдельных макро- и микронутриентов в продукте, однако учет продуктовой категории в них осуществляется лишь косвенно. Безусловно, инструменты НП эффективны при оценке отдельных позиций или отборе по заданным критериям из альтернатив, для принятия управленческих решений по вопросам продвижения и представленности на рынке отдельных видов продуктов. Они позволяют получать достаточно четкое представление о пищевой плотности продуктов, в том числе с учетом пересчета на массу или калорийность, а также адресно выявлять направления корректировки рецептурного состава с целью его соответствия требованиям здорового питания. Однако для обобщенного комплексного изучения рациона, тем более при групповых наблюдениях за пищевым поведением населения, НП не особенно эффективно. Модели НП охватывают проблему оценки и ранжирования на уровне отдельных продуктов или блюд и только с позиций квалифицирующих или дисквалифицирующих составных ингредиентов, а при формировании рационов, предназначенных для системного питания, особенно в случае организованных контингентов, необходимы инструменты комплексной интегральной оценки их качества и эффективности – индексы питания.

Анализ методов оценки качества рационов и различных вариантов интегральных оценок позволяет сделать вывод, что они базируются преимущественно на методах оценки характера питания и пищевого поведения, коих разработано множество за годы развития эпидемиологии и гигиены питания. Эти методы сбора данных и оценки рационов условно делятся на три группы по получаемым данным (рисунок 9) и на пять уровней изучения по степени охвата и применяемым аналитическим инструментам (рисунок 10).

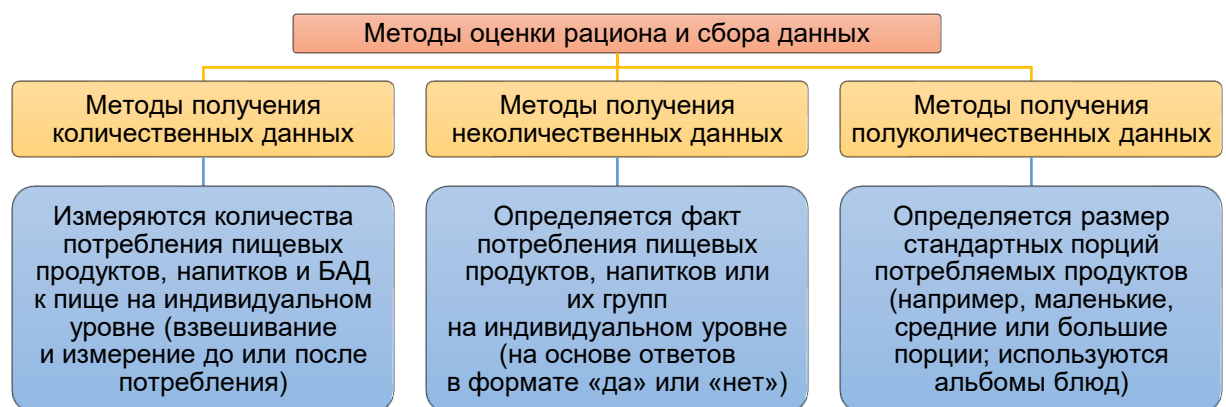


Рисунок 9 – Классификация методов оценки рациона по уровням получаемых данных



Рисунок 10 – Классификация методов оценки рациона по уровням изучения

Традиционные методы оценки рациона часто ограничиваются анализом содержания белков, жиров, углеводов, витаминов и минеральных веществ. Однако такой подход не учитывает синергетический эффект различных компонентов пищи и не отражает влияние целостных пищевых продуктов на организм.

Современные системы оценки качества рациона стремятся учесть всю совокупность изучаемых факторов, переходя от анализа отдельных нутриентов к оценке пищевых паттернов. Наиболее популярным оценочным инструментом, используемым в этих задачах, являются индексы питания и методические пищевые/диетические рекомендации. В разных странах количество и стиль изложения рекомендаций значительно различаются: в одних странах это единый для всех групп населения и достаточно простой набор советов по формированию здорового рациона, в других – документ, имеющий статус обязательного для соблюдения норматива для каждой целевой группы, выделенной по определенным критериям (возрасту, состоянию здоровья, полу, группе физической активности и пр.).

Диетические рекомендации на основе пищевых продуктов или продовольственных систем выступают важными инструментами общественного здравоохранения, поэтому при решении стратегических задач в области здоровьесбережения их разработка и активное использование являются целесообразными и эффективными мероприятиями. В боль-

шинстве стран диетические рекомендации не столько связаны с нормированием количества белков, жиров, углеводов, витаминов и минералов, но и определяют достаточные для покрытия средних потребностей организма человека объемы конкретных пищевых групп (овощей, мяса, злаков и т. д.).

Часто конкретизация количества в рамках одной группы может иметь отсылку к цвету (например, зеленые овощи, красное мясо и пр.). Кроме того, практически все имеющиеся в мире рекомендации в области питания могут быть отнесены к одному из вариантов визуализации (рисунок 11).

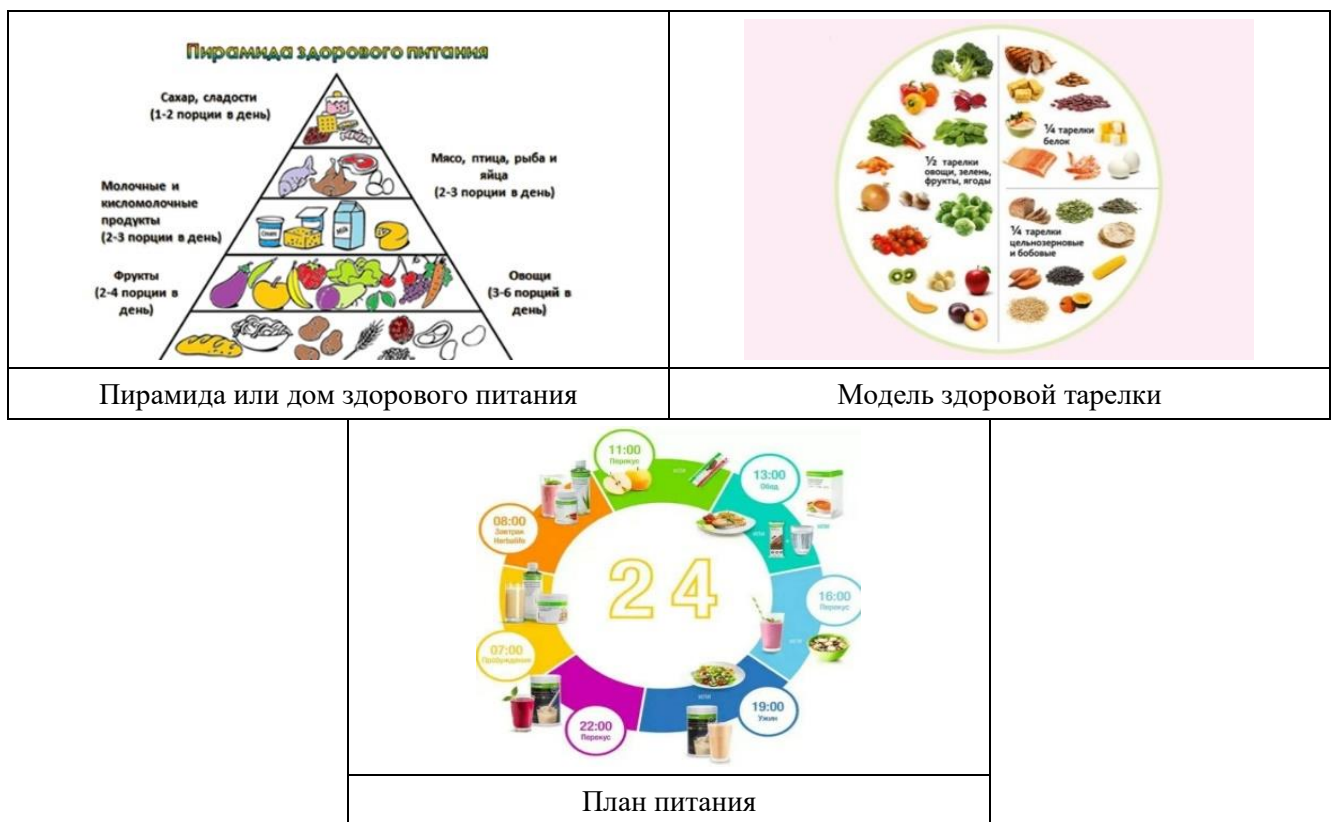


Рисунок 11 – Типы визуализации рекомендаций в области питания

Рекомендации по здоровому питанию, как и рассчитываемые на их основе индексы качества питания и индексы здорового питания, часто используют понятие размера порции (PS) и включают как качественные, так и количественные нормы. Концептуально этот подход базируется на определении размеров порций и частоты потребления определенной группы пищевых продуктов (и разновидностей внутри нее), что соотносится с представлениями о необходимых для покрытия потребностей организма объемах общего потребления. Термин «порция» обычно относится к рекомендуемому количеству

пищи, которое человек потребляет за один прием пищи или во время приема пищи; «частота» – количество раз, которое рекомендуется потреблять порцию в течение типичного дня или недели. Как правило, в рекомендациях по питанию даны указания по размерам порций, однако до сих пор нет единого мнения о наилучших методах их определения.

Для получения референсных размеров порций используются различные подходы. В ряде случаев рекомендации обосновывают количество групп и отдельных продуктов в граммах или условных порциях, которые считаются оптимальными для достижения желаемых показателей здоровья. Другой подход заключается в обосновании размеров и количеств порции исходя из представлений об обычных, сложившихся в сообществе приемах пищи. В последнем случае имеются достаточно серьезные риски сформировать действительно адекватное представление о размерах порций у целевой группы, поскольку средние их величины, особенно для продуктов с высоким содержанием жира, соли и сахара, значительно возросли за последние десятилетия. Увеличение размеров порций сопровождается снижением нутриентной плотности пищевых продуктов. В этом случае возникают дополнительные сложности при обосновании необходимых количественных параметров потребления отдельных видов пищевых продуктов, поскольку порционный подход в большинстве рекомендаций по питанию развитых стран опирается не столько на достаточность энергетической ценности пищи, сколько на достаточность и адекватность потребностям ее биологической и пищевой ценности.

Определенную сложность представляет адаптация национальных и глобальных рекомендаций к различным видам пищевых продуктов, образующих единую группу. Например, группа зерновых крахмалистых продуктов в странах Европы обычно включает пшеницу, рожь, овес, рис, гречиху, картофель, а в странах Африки – просо, кукурузу, маниоку, округ, бананы, батат и пр. В этом случае национальные пищевые руководства, ориентированные на указание порций продуктов (источников белков, жиров и углеводов) по «пирамидам» или «тарелкам» питания, имеют очень сильные различия.

Кроме того, разнятся представления национальных руководств о размерах порций в отношении самых базовых продуктовых позиций. Например, порция хлеба в руководствах Италии, Франции, Австрии, Германии, Финляндии составляет 50 г, в Словении – 15 г, а в Швейцарии, Сербии и Исландии – 100 г. Рекомендации по количеству и размеру порций разных стран часто представлены не по отдельным продуктам, а распределены в рамках основных пищевых категорий (таблица 5).

Таблица 5 – Содержание диетических рекомендаций по объемам потребления основных групп продуктов в разных странах

Продукты	Показатель	Австралия [282]	Новая Зеландия [325]	Франция [283]	Япония [377]
Зерновые	Порции в день	4–6	6–8	6–8	5–7
	Размер одной порции	1 кусок хлеба, 1/2 стакана приготовленных круп или 30–40 г сухих хлопьев	1 кусок хлеба, 1/2 стакана приготовленных злаков или 1 стакан цельнозерновых хлопьев	100–150 г приготовленных злаков или 1–2 ломтика хлеба	150–200 г приготовленного риса или 1–2 ломтика хлеба
Овощи	Порции в день	5–6, в том числе зеленые бобовые	2–3	3–5	2–3
	Размер одной порции	75 г – около 1/2 стакана приготовленных овощей или 1 стакан сырых	1/2 стакана приготовленных овощей или 1 стакан сырых	80–100 г (примерно 1/2 стакана приготовленных овощей или 1 стакан сырых)	80–100 г (примерно 1/2 стакана приготовленных овощей или 1 стакан сырых)
Фрукты	Порции в день	2	2–3	2	2–4
	Размер одной порции	150 г (примерно 1 средний фрукт или 1/2 стакана нарезанных фруктов)	1 средний фрукт или 1/2 стакана нарезанных фруктов	80–100 г (примерно 1/2 стакана приготовленных овощей или 1 стакан сырых)	100–150 г (например, 1 средний фрукт или 1/2 стакана нарезанных фруктов)
Молочные	Порции в день	2–3	2–3	2–3	1–2
	Размер одной порции	1 стакан молока или йогурта, или 40 г сыра	200–250 мл молока, 1 стакан йогурта или 30–40 г сыра	200 мл молока или йогурта, или 40–60 г сыра	200 мл молока или йогурта, или 40–60 г сыра
Белковые (мясо, рыба,	Порции в день	2–3	2–3	1–2	2–3
	Размер одной порции	65–100 г мяса, рыбы или птицы, или 1/2 стакана бобовых	100–150 г мяса или рыбы, или 1/2 стакана бобовых	100 г мяса или рыбы, или 1/2 стакана бобовых	100 г мяса или рыбы, или 1/2 стакана бобовых
Масла и жиры	Порции в день	Рекомендовано ограничение	1–2	1–2	0–1
	Размер одной порции		10–20 мл масла или небольшое количество орехов	10–20 мл масла или небольшое количество жиров	15–30 мл масла или небольшое количество жиров

Измерение и контроль размеров порций являются важными аспектами здорового питания и формирования входных данных для последующего расчета обобщающих показателей. В процессе развития методов оценки качества питания сформировалось несколько подходов (рисунок 12).

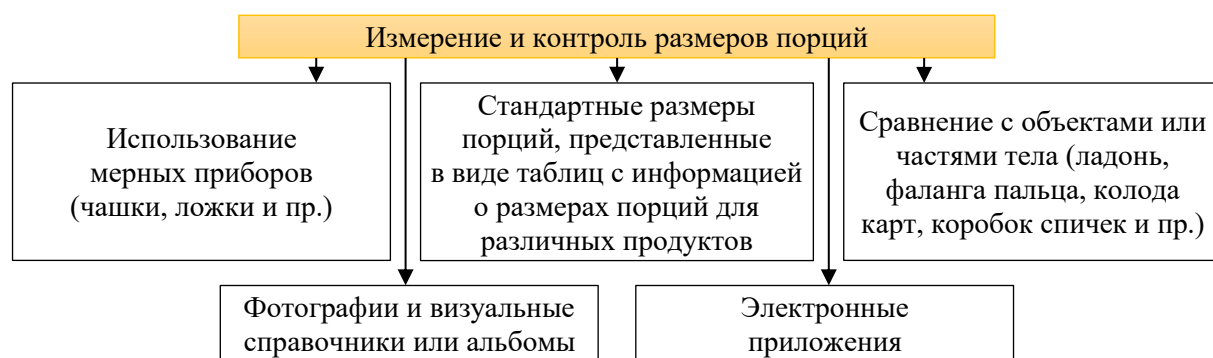


Рисунок 12 – Систематизация сведений о наиболее часто используемых средствах измерения и контроля размеров порций

Для оценки и фактического сравнения качества питания в разных странах необходимо использование адаптированных интегральных инструментов – индексов качества/здорового питания. Размер порции является ключевым фактором в оценке индексов качества питания и здоровья, поскольку определяет общее количество потребляемых питательных веществ и соответствие рекомендациям по питанию, а правильное понимание размеров порции помогает людям обеспечивать высокое качество рациона и поддерживать здоровье.

За последние 30 лет сложилось множество вариантов формирования интегральных оценок, появилось множество индексов и систем оценки качества рациона либо его отдельных макрокомпонентов (белков, жиров, углеводов), каждый из которых имеет свои особенности и методологию. Их общее свойство – оценка соответствия рациона национальным или международным рекомендациям по питанию, а также учет разнообразия потребляемых продуктов (таблица 6).

Таблица 6 – Матрица индексов и систем оценки качества рациона

Наименование	Англоязычная версия	Наименование	Англоязычная версия
Индекс здорового питания (ИЗП)	Healthy Eating Index (HEI)	Индекс рекомендованных продуктов (ИРП)	Recommended Food Score (RFS)
Индикатор здорового рациона (ИЗР)	Healthy Diet Indicator (HDI)	Индекс качества рациона (ИКР)	Diet Quality Index (DQI)
Индекс здоровой пищи (ИЗП)	Healthy Food Index (HFI)	Показатель качества рациона (ПКР)	Diet Quality Score (DQS)
Индекс средиземноморской диеты (ИСД)	Mediterranean Diet Score (MDS)	Общий индекс качества пищи	Overall nutritional quality index (Nu Val)

Эти индексы учитывают различные аспекты рациона, включая потребление таких пищевых групп и компонентов питания, как фрукты, овощи, цельные злаки, молочные продукты, жиры, сахар, соль, холестерин, отдельные микроэлементы и пр. Все они представляют собой попытку количественно оценить качество и сбалансированность питания.

В целом же стоит отметить, что среди названных ранее индексов и индикаторов есть принципиальные совпадения с методологией построения систем НП: например, существует деление на рекомендуемые группы и дисквалифицирующие группы индикаторов, а также совместное применение количественных абсолютных и относительных величин, так и неколичественных и полуколичественных данных; в отношении построения шкал также существует перевод диапазонов значений в соответствующую балльную оценку. Некоторым отличием от принципов построения систем НП является наличие в индексах рационов обратных шкал, а не отрицательных балльных значений. Однако в целом фундаментальные принципы построения этих систем оценки схожи [171]. Более детальное описание логических рамок и основных элементов построения для разных интегральных оценок рациона приведено в таблице 7. Анализируется информация по следующим индексам: ИЗП (Россия, 2019), AHEI 2010 – Alternative Healthy Eating Index, HEI 2015 – Healthy Eating Index, HDI – Healthy Diet Indicator, DQI – Dietary Quality Index, DQIr – Dietary Quality Index revised, MDS Mediterranean Diet Score.

Таблица 7 – Сравнение логических рамок и основных элементов разных индексов оценки рациона

Показатель		ИЗП	AHEI	HEI	HDI	DQI	DQIr	MDS
Количество наименований индикаторов		10	9	10	9	8	10	8
Вид индикаторов								
Группы пищевых продуктов	Количество имеющихся групп в рационе, г	*			*			
	Количество порций в рационе		*	*		*		
	% от рекомендуемых норм						*	
Соотношение продуктовых групп			*					
Отдельные нутриенты	Количество, г, мг			*	*	*	*	
	Количество на 1000 ккал или % калорийности	*	*	*		*	*	
	% от рекомендуемых норм				*	*	*	
Соотношение нутриентов			*	*	*	*		
Способ оценки (assessment method)								

Данные таблицы 7 наглядно отражают, что подходы к определению качества питания и его соответствия критериям здорового рациона имеют существенные различия по типу данных (количественные, полуколичественные и неколичественные), виду применяемых балльных оценок и шкал, виду и наименованиям индикаторов, количеству индикаторов и их категориям (поощряемые и ограничиваемые в питании, «НИЗ-защита» и «НИЗ-риск» и пр.). Это не всегда позволяет адекватно соотнести результаты, полученные разными методами, что затрудняет возможность сравнения и сопоставления результатов.

В связи с необходимостью получения сопоставимой информации в отношении обеспеченности доступа к здоровому питанию в ходе комплексной оценки, приемлемой для разных стран, ФАО, ЮНИСЭФ и ВОЗ предложена систематизация характеристик [196], отражающих понятие здорового питания для целей глобального мониторинга, и инструменты их оценки (рисунок 13).

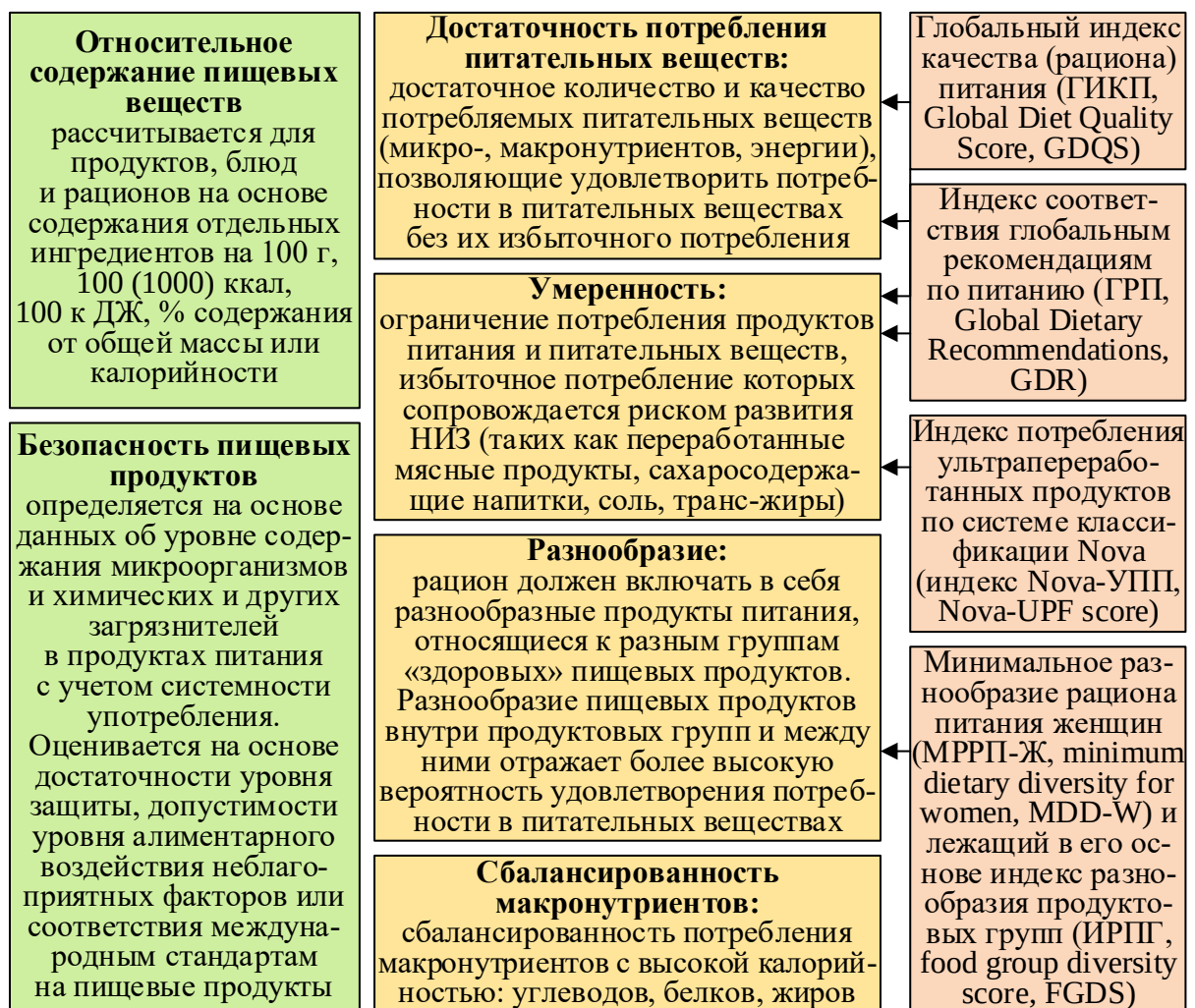


Рисунок 13 – Характеристики, отражающие понятие здорового питания для целей глобального мониторинга, и инструменты их оценки

Такой подход позволяет соотнести особенности сбора информации о рационах при использовании различных методов с ее трактованием и оценкой в рамках четырех инструментов, являющихся индексами для интегрального показателя (таблица 8).

Таблица 8 – Характеристика индексов входящих в интегральную оценку

Индекс	Вид и размер шкалы	Краткая характеристика
ГИКП (GDQS)	Прямая шкала от 0 до 49 баллов	Оценивает достаточность потребления по пищевым группам и с позиций защиты и риска НИЗ (высокий при ГИКП < 15, низкий при ГИКП ≥ 23)
ГРП (GDR)	Прямая шкала от 0 до 18, при условии min = 10 (когда соблюдается больше половины рекомендаций)	Оценивает соответствие рекомендациям ВОЗ
МРР-Ж (MDD-W + FGDS)	Прямая шкала от 0 до 10 баллов, при условии min ≥ 5 пищевых групп, обеспечивающих достаточную вероятность обеспеченности микронутриентами)	Косвенно отражает достаточность микронутриентного состава рациона
Индекс Nova-УПП (Nova-UPFs)	Обратная шкала от 0 до 23 баллов	Отражает количество в рационе групп ультрапереработанных продуктов

Использование сразу четырех индексов позволяет оценить состояние рационов населения наиболее полно и многоаспектно, получив комплексную оценку в рамках 100-балльной шкалы. Этот подход представляет определенный интерес для дальнейшего использования в качестве базиса статистического обоснования вклада каждого показателя в интегральную итоговую оценку.

Таким образом, оценка качества продукта или рациона – это сложная многогранная задача, и существующие ранги и индексы представляют собой ценный инструмент для более глубокого понимания связи между питанием и здоровьем. Дальнейшие исследования и разработка новых, более совершенных методов оценки будут способствовать созданию более эффективных стратегий продвижения здорового образа жизни и эффективному управлению программами питания и пищевой коррекции. При работе над созданием таких оценочных инструментов в первую очередь необходимо фокусироваться на целях, для которых производится такое оценивание, поскольку в разных ситуациях это существенно определяет как набор индикаторов, так и подбор оценочных процедур и шкал. В отношении набора индикаторов также существует множество решений.

Важно понимать, что ни один индекс не является идеальным и не может полностью отразить всю сложность пищевого поведения, а имеющиеся ограничения можно обобщить следующим образом:

- зависимость от точности данных: точность результатов зависит от достоверности информации о питании, полученной от участников исследования (дневники питания, анкеты);
- культурные различия: индексы, разработанные для одной культуры, могут быть неадекватны для другой из-за различий в традициях питания и доступности продуктов;
- невозможность учета индивидуальных особенностей: индексы не учитывают все индивидуальные особенности метаболизма и здоровья;
- индексы и физическая активность: для более полной оценки образа жизни и прогнозирования риска НИЗ необходимо учитывать комбинацию здорового питания и регулярных физических нагрузок, которые формируют синергетический эффект, значительно усиливающий защитное действие на организм, а индексы качества питания в первую очередь фокусируются на диете.

3.2 Применение методов нечеткой логики при решении задач по разработке продуктов питания и рационов

Разработке автоматизированных систем, способных оказывать поддержку специалистам в области питания при принятии решений о составлении рационов и оценке пищевых продуктов, в последнее время уделяется особое внимание. Традиционные подходы к анализу питания основываются на четких критериях и строгих границах, что не всегда отражает реальную ситуацию взаимодействия между различными компонентами пищи и индивидуальными потребностями человека.

Нечеткая логика, впервые предложенная в 1965 г. Лотфи Заде, представляет собой математический аппарат для работы с неопределенными и приближенными данными, что делает ее особенно подходящей для решения задач в области диетологии. Это достигается за счет того, что при реализации исчислений высказываний любая логическая функция может быть реализована путем выполнения трех операций: конъюнкции (&&), дизъюнк-

ции ($\parallel$) и отрицания (!). В булевой логике [159] каждая из этих операций задана таблицей истинности (таблица 9).

Таблица 9 – Таблица истинности для булевой функции

Конъюнкция ($a \&\& b$)	Дизъюнкция ($a \parallel b$)	Отрицание ($a ! b$)
0 0 0	0 0 0	0 1
0 1 1	0 1 0	1 0
1 0 1	1 0 0	–
1 1 0	1 1 1	–

В отличие от классической булевой логики, которая оперирует только значениями «истина» или «ложь», нечеткая логика позволяет работать с промежуточными значениями истинности, что более точно отражает реальные процессы оценки пищевых продуктов и рационов питания. В нечеткой логике вместо величин «истина» и «ложь» используется величина «степень истинности», которая может принимать любые значения из бесконечного множества от нуля до единицы включительно. Следовательно, логические операции уже нельзя представить таблично. В нечеткой логике они задаются функциями, при этом для реализации дизъюнкции и конъюнкции предусматриваются два способа реализации правил:

– максиминный подход:

$$a \parallel b \Rightarrow \max(a, b); \quad (8)$$

$$a \&\& b \Rightarrow \min(a, b); \quad (9)$$

– колориметрический подход:

$$a \parallel b \Rightarrow a + b - a \times b; \quad (10)$$

$$a \&\& b \Rightarrow a \times b. \quad (11)$$

Отрицание задается как

$$!a \Rightarrow 1 - a. \quad (12)$$

Для крайних случаев, когда значения переменных равны единице или нулю, приведенные выше функции будут соответствовать значениям таблицы истинности для классической логики.

СППУР, применяемые в программах питания и пищевой коррекции, призваны помочь специалистам в области питания, технологам, диетологам, гигиенистам и нутрициологам принимать обоснованные решения при составлении индивидуальных и групповых рационов [194; 439]. Интеграция методов нечеткой логики в такие системы открывает новые возможности для более точной оценки качества пищевых продуктов и рационов с учетом множества факторов и критериев.

В общем виде теория нечетких множеств является математической основой для работы с неопределенными и приближенными данными. В контексте настоящего исследования это особенно важно, поскольку оценка пищевых продуктов и рационов часто связана с субъективными критериями и неточными измерениями.

Для дальнейшего использования данного подхода при проектировании инструментов ранжирования и оценки в работе приняты следующие допущения и обозначения.

Нечеткое множество A в универсальном множестве U определяется функцией принадлежности $\mu_A(x)$, которая каждому элементу $x \in U$ ставит в соответствие степень принадлежности к множеству A :

$$\mu_A(x): U \rightarrow [1], \quad (13)$$

где $\mu_A(x) = 0$ означает полное отсутствие принадлежности, $\mu_A(x) = 1$ – полную принадлежность, а промежуточные значения отражают частичную принадлежность элемента к множеству.

При разработке МНП и ИПОКР функция принадлежности будет использоваться для описания таких понятий, как «низкая калорийность», «высокое содержание белка», «оптимальное содержание витамина» «оптимальный баланс нутриентов» и др. Например, для оценки калорийности продукта (рациона) используются следующие нечеткие множества:

- низкая калорийность: $\mu_{\text{низкая}}(x) = 1$ при $x \leq 100$ ккал/100 г, $\mu_{\text{низкая}}(x) = 0$ при $x \geq 300$ ккал/100 г;
- средняя калорийность: $\mu_{\text{средняя}}(x)$ максимальна при $x = 250$ ккал/100 г;
- высокая калорийность: $\mu_{\text{высокая}}(x) = 0$ при $x \leq 200$ ккал/100 г, $\mu_{\text{высокая}}(x) = 1$ при $x \geq 400$ ккал/100 г.

Для работы с нечеткими множествами в работе были определены основные операции, которые являются обобщением операций над обычными множествами:

- объединение (дизъюнкция): $\mu A \cup B(x) = \max(\mu A(x), \mu B(x))$;
- пересечение (конъюнкция): $\mu A \cap B(x) = \min(\mu A(x), \mu B(x))$;
- дополнение (отрицание): $\mu \bar{A}(x) = 1 - \mu A(x)$.

Эти операции позволяют комбинировать различные критерии оценки. Например, для определения здорового продукта можно использовать пересечение множеств «низкая калорийность» и «высокое содержание витаминов» и т. д.

Используемый в работе алгоритм Мамдани является одним из наиболее распространенных методов нечеткого вывода, особенно подходящим для задач диетологии благодаря своей интуитивности и близости к человеческому мышлению.

Для дефаззификации в методе Мамдани использован метод центра тяжести:

$$y^* = (\int y \times \mu(y) dy) / (\int \mu(y) dy), \quad (14)$$

где y^* – итоговое четкое значение; $\mu(y)$ – функция принадлежности результирующего множества.

Архитектура системы оценки пищевых продуктов и рационов включает следующие компоненты (рисунок 14).

Разработанный на основе нечеткой логики оценочный модуль создавался для последующей интеграции в СППУР программ питания [180; 193], что определило его специфику и входные ограничения.

Применение метода нечеткой логики в исследовании имеет ряд особенностей:

- работа с субъективными оценками: нечеткая логика позволяет формализовать экспертные знания диетологов, которые часто выражаются в лингвистических терминах;
- учет индивидуальных особенностей: системы на основе нечеткой логики могут адаптироваться к индивидуальным потребностям пациентов, учитывая возраст, пол, уровень активности, состояние здоровья;
- комплексная оценка: нечеткая логика позволяет одновременно учитывать множество критериев при оценке пищевых продуктов и рационов питания;
- устойчивость к неточности данных: методы нечеткой логики сохраняют работоспособность даже при неточных или неполных данных о составе продуктов.

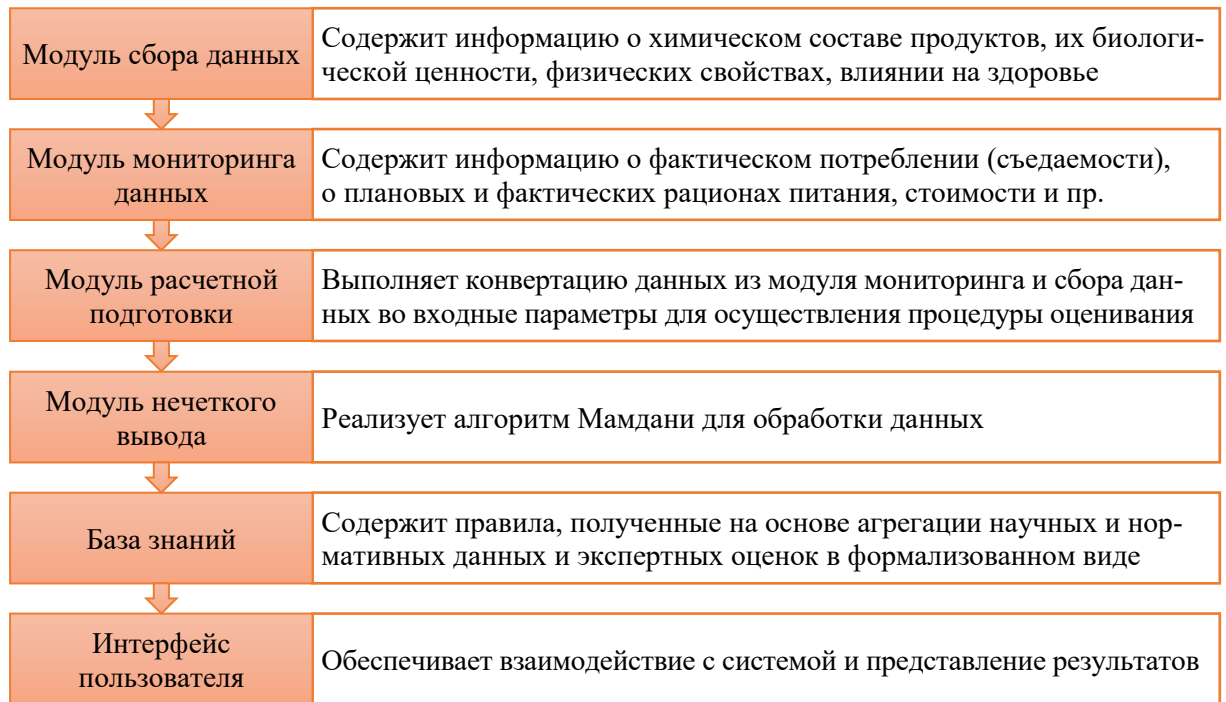


Рисунок 14 – Компоненты оценочного модуля на основе нечеткой логики

Применяемый в МНП алгоритм Мамдани для ранжирования пищевых продуктов можно представить в следующем виде (рисунок 15).

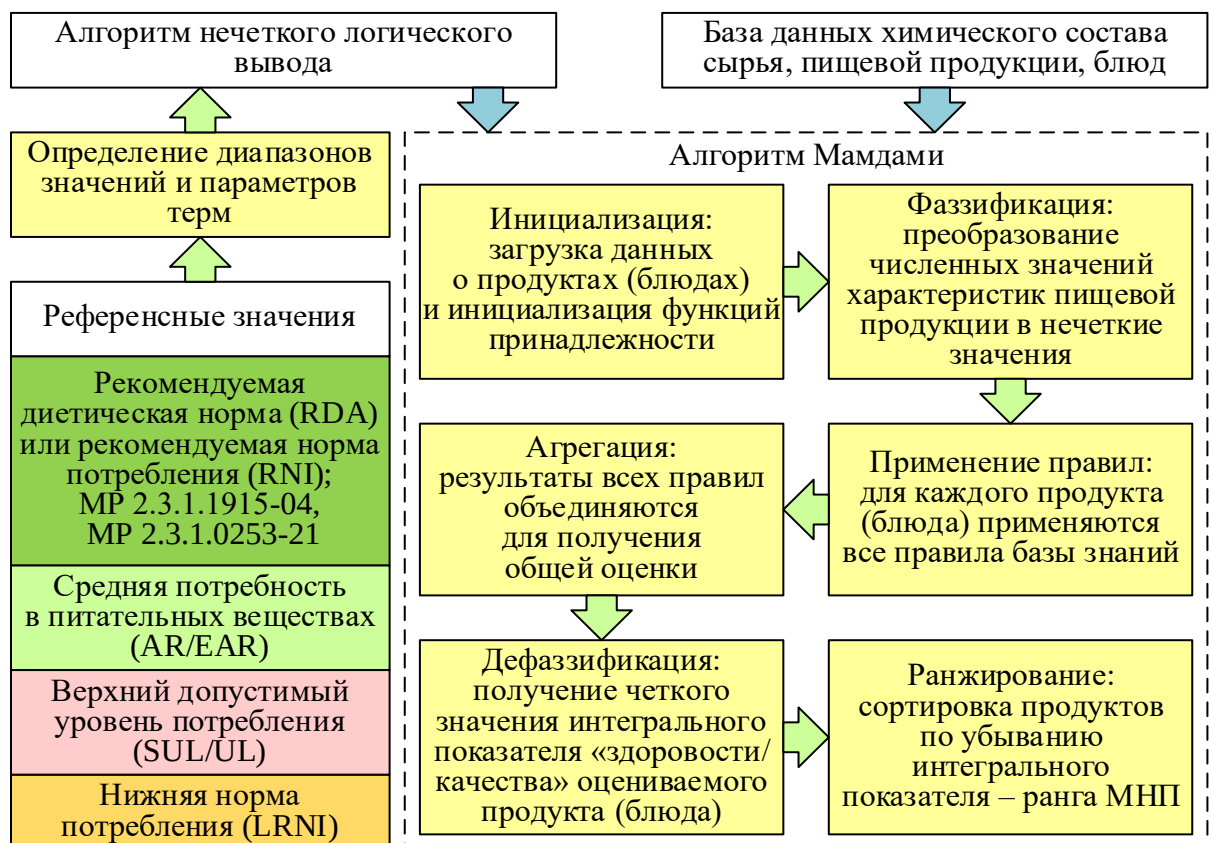


Рисунок 15 – Применение алгоритма Мамдани для ранжирования пищевых продуктов

Разрабатываемая на основе концепции нутриентной плотности система оценки позволяет учитывать заданные требования (рисунок 16).



Рисунок 16 – Матрица ограничений и требований к рационам

Система интегрируется с созданной и апробированной в Новосибирском НИИ гигиены Роспотребнадзора базой данных о химическом составе пищевых продуктов и блюд [98; 215], которая является агрегацией данных, полученных из различных источников [139; 251; 252; 342; 346; 347; 374; 375; 463]. В программе создана возможность дополнения информации из баз данных специализированных функциональных продуктов и ингредиентов [6; 111; 212; 420].

В контексте исследования установлено, что оценка пищевых продуктов и рационов часто связана с субъективными критериями и неточными измерениями. Математической основой для работы с неопределенными и приближенными данными в таком случае является теория нечетких множеств, используемая в исследовании при проектировании инструментов ранжирования и оценки пищевой продукции и при разработке автоматизированных СППУР. Применение метода нечеткой логики позволяет реализовать принципы, заложенные концепцией нутриентной плотности, а система оценки позволяет учитывать заданные требования к различным видам рационов. Система ранжирования и оценки опирается на полученную в ходе объединения и гармонизации информации из разных источ-

ников базу данных о химическом составе пищевых продуктов и блюд и интегрируется в созданное ранее в Новосибирском НИИ гигиены Роспотребнадзора кросс-платформенное программное средство «Мониторинг питания и здоровья».

3.3 Разработка системы нутриентного профилирования, перспективы ее использования при оценке и проектировании пищевой продукции

Формируемая в рамках исследования система нутриентного профилирования (СНП) пищевых продуктов представляет собой комплексный инструмент, направленный на объективную оценку пищевой ценности продуктов с учетом их нутриентного состава. Критическими условиями для создания такой системы являются эффективность, прозрачность и валидность. Эти условия служат базисом для формирования принципов, необходимых для построения функционирующей и надежной СНП (рисунок 17).

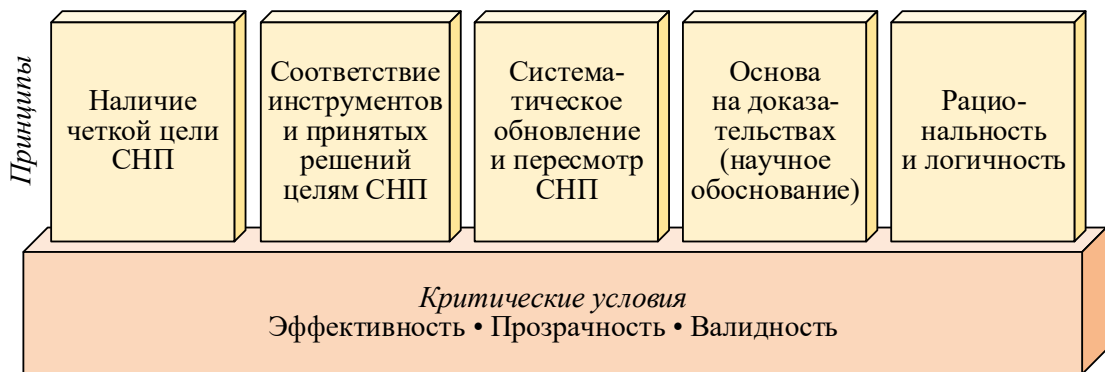


Рисунок 17 – Ключевые принципы формирования СНП

Первый принцип – наличие четкой цели системы. Без ясного понимания задачи невозможно определить, какие нутриенты и какие показатели имеют приоритетное значение. Цель СНП должна быть конкретной, достижимой и релевантной для пользователей системы, будь то государственные органы, производители или потребители. Только с четко определенной целью возможно обеспечить направленность всей системы на достижение желаемых результатов.

Второй принцип – опора на доказательства, т. е. научная обоснованность всех критериев и методов оценки. Это обеспечивает валидность результатов, исключая влияние субъективных факторов и тенденций, не подтвержденных эмпирическими данными. Доказательная база позволяет создать объективные стандарты и подходы, которые будут приняты в научном и профессиональном сообществе.

Третий принцип – систематическое обновление и пересмотр СНП – связан с необходимостью поддерживать ее актуальность в условиях постоянно развивающихся научных знаний и изменяющихся потребностей рынка. Такой подход обеспечивает адаптивность системы, повышает ее эффективность и доверие со стороны пользователей.

Четвертый принцип – соответствие инструментов и принятых решений целям системы. Выбранные методы оценки, аналитические инструменты и критерии должны напрямую служить достижению поставленных целей. Это позволяет рационально использовать ресурсы и минимизировать риски ошибок и некорректных выводов.

Пятый принцип – рациональность и логичность построения, что предполагает продуманную структуру и взаимосвязь элементов системы. Логичность способствует прозрачности, пониманию и воспроизводимости результатов, что опять же укрепляет доверие к системе и ее применимость на практике.

Общая система, объединяющая эти принципы и условия, – это система управления качеством, построенная на основе научного подхода и постоянного улучшения, ориентированная на эффект и прозрачность. Она интегрирует научную строгость, управленческие методы и технологические решения, создавая единый механизм, способный адекватно оценивать и управлять питательной ценностью продуктов для всех заинтересованных сторон. Такой комплексный подход обеспечивает развитие НП как надежного и эффективного инструмента в сфере пищевой безопасности и здоровьесбережения.

В зависимости от целей, особенностей состояния продовольственного обеспечения и пищевых стереотипов населения СНП может опираться на несколько МНП. Алгоритм процесса формирования модели нутриентного профилирования приведен на рисунке 18.

На основе анализа основных стратегических приоритетов базовой задачей при разработке СНП было создание МНП, позволяющей обеспечить доступность пищевой продукции с высокими значениями нутриентной плотности для организации здорового питания и гарантированного выполнения рекомендаций по наиболее критичным макро- и микронутриентам.

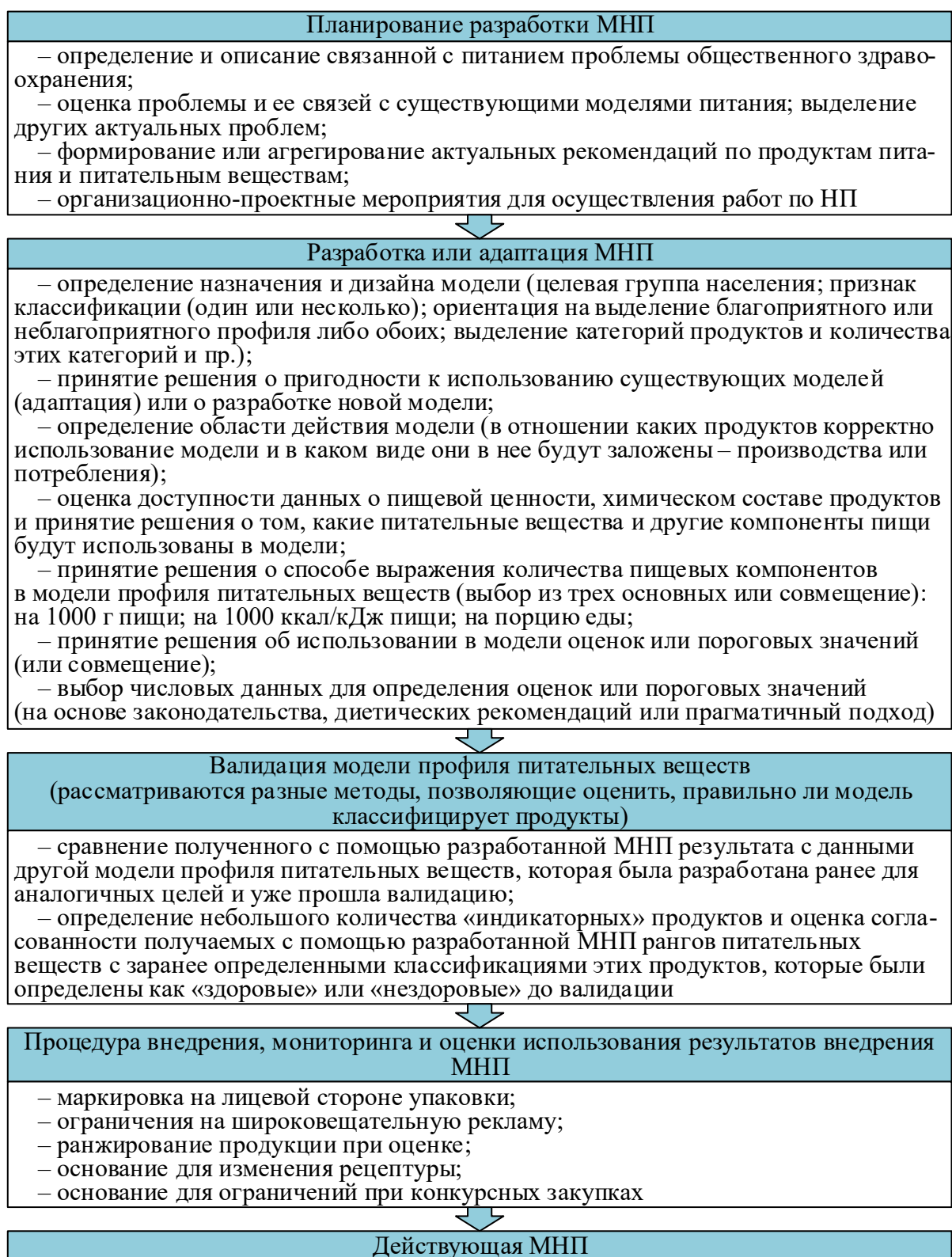


Рисунок 18 – Алгоритм разработки модели нутриентного профилирования

МНП также должна учитывать сложившуюся практику обеспечения питанием сконцентрированных контингентов и особенности индустриальных форм производства продуктов питания, особенно в отношении пищевой продукции, предназначенной для последующей реализации в учреждениях системы образования (для детей и подростков).

Представленная МНП была сформирована на основе предварительно проведенного анализа результатов научных исследований и изучения информации, связанных с особенностями элементного статуса и наиболее часто встречающихся микронутриентных дефицитов, характерных для населения России [57; 124; 133; 266]; ключевых показателей реализации Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации; нормативно обусловленных обязательств учреждений и организаций по осуществлению организованного питания (горячего и дополнительного) в учреждениях систем образования, здравоохранения и социальной сферы, а также в организации питания по месту занятости рабочих и сотрудников промпредприятий.

На основе анализа ограничивающих факторов была предложена МНП, позволяющая сформировать комплексную оценку пищевой продукции в рамках категорий пищевых продуктов на основе оценки следующих единичных показателей: содержание белков с учетом их биологической ценности (БЦ), содержание жиров с учетом рациональности жирнокислотного состава (РЖКС), содержание витаминов (В₁, В₂, D) и микроэлементов (Са, F, Р), доля в составе рекомендованных групп продуктов (бобовые, овощи, фрукты, орехи, семена – БОФОС), содержание добавленных соли и сахара.

Выбор показателей осуществлен на основе базы данных оценки рационов питания, что позволило выделить наиболее значимые из них с позиций дефицита или избыточности в рационе и потенциальных рисков развития НИЗ. Сформированная МНП опирается на концепцию нутриентной плотности, что обуславливает использование показателей в трех видах единиц: натуральных – в граммах, относительных – в граммах на 1000 ккал и в граммах на 100 г, в процентах от суточной потребности.

Для решения поставленной задачи исследования ранее предложенный алгоритм процесса формирования МНП (см. рисунок 18) был преобразован в следующие 10 последовательно выполненных этапов (рисунок 19).

Обоснование набора показателей, включаемых в МНП, предполагает изучение сложившихся в мировой и национальной практике диетологических и диетических рекомендаций, нормативных правовых актов и технических регламентов [115; 117; 118; 148; 164; 166; 203; 232; 238; 257; 309], которые были изучены и задействованы как при формировании списка самих показателей, так и при выделении рекомендованных к потреблению (квалифицирующих) и к ограниченному потреблению (дисквалифицирующих) ингредиентов, для обосновании единиц измерения их содержания в продукции, а также референс-

ных значений (пределов, в которых значения показателей считаются нормой для здорового человека). Принятие решения о диапазонах оценок по рекомендуемым, нерекомендуемым ингредиентам и формированию оценочных шкал для них предполагало предварительное проведение оценочных процедур на основе использования баз данных блюд и пищевой продукции [206; 207; 208; 209; 210; 211].

Этап 1	Определение цели и области применения МНП	Четко сформулирована цель использования МНП, определены целевая аудитория и контекст применения
Этап 2	Анализ научной литературы и международного опыта	Проведен систематический обзор существующих МНП, анализ их преимуществ и ограничений
Этап 3	Выбор целевых нутриентов и компонентов	Определены нутриенты и пищевые компоненты, которые будут включены в модель; обоснована их значимость для здоровья населения и эпидемиологических данных
Этап 4	Установление справочных значений и пороговых уровней	Разработаны критерии оценки на основе национальных и международных рекомендаций по питанию
Этап 5	Разработка математического алгоритма расчета	Созданы формулы или система расчета, которая позволяет получить количественную оценку пищевой ценности продукта; обосновано применение логики нечетких множеств
Этап 6	Создание системы категоризации продуктов	Разработана классификация продуктов питания с учетом их специфических характеристик и роли в рационе
Этап 7	Валидация и тестирование методики	Выполнена проверка МНП на различных группах продуктов, проведено сравнение результатов с существующими системами оценки
Этап 8	Адаптация к национальным особенностям	Учтены культурные и региональные особенности питания населения субъектов РФ
Этап 9	Разработка руководящих документов и инструкций по применению	Разработана документация для практического использования МНП
Этап 10	Внедрение и мониторинг эффективности	Реализовано практическое применение МНП с последующей оценкой ее эффективности и внесением необходимых корректировок

Рисунок 19 – Этапы процесса формирования МНП

В качестве целевой группы потребителей в разрабатываемой МНП выделены контингенты в учреждениях и организациях систем образования, здравоохранения и социальной сферы (без учета предоставления персонализированного, специализированного, диетического, лечебно-профилактического питания) как самостоятельно организующие питание (путем переработки поступающего сырья и полуфабрикатов в собственных пищеблоках), так и пользующиеся аутсорсинговыми услугами специализированных организаций, включая комбинаты питания, фабрики-заготовочные и школьные базовые столовые.

МНП предполагает возможность адаптации базовой модели под особые потребности целевой аудитории путем корректировки диапазонов референсных значений исходя из национальных, культурных, социально обусловленных, географических, природно-климатических и прочих особенностей целевых групп. МНП используется при ранжировании и выборе продуктов и блюд, удовлетворяющих целевому назначению и условиям формирования или коррекции рациона питания.

В проводимом исследовании рассматривалась возможность использования МНП в двух вариантах пищевой коррекции. Первый вариант пищевого вмешательства осуществлялся с целью коррекции избыточного веса и предупреждения ожирения, что предполагает снижение общей калорийности рациона с сохранением или увеличением общего количества контролируемых микроэлементов веществ, т. е. увеличение нутриентной плотности рациона. Во втором варианте пищевая коррекция осуществлялась с целью обеспечения повышенных на 10–15 % потребностей организма в условиях повышенных нагрузок или суровых климатических условий, что предполагает увеличения поступления макро и микронутриентов при сохранении или снижении общей массы/объема рациона, т. е. также увеличение нутриентной плотности рациона.

Разрабатываемая МНП распространяется на различные виды пищевой продукции, предназначенной для использования при организации как основного, так и дополнительного питания целевых контингентов и изготавливаемые по регламентированной рецептуре, которая позволяет оценить факт наличия и содержащиеся количества (расчетным или аналитическим путем) по списку ингредиентов, предусмотренному в МНП.

Разработанная МНП может быть использована для оценки любой изготовленной или приобретенной пищевой продукции на пищеблоках организаций и учреждений как в системах здравоохранения, образования, социальной защиты, так и в рамках коммерческих предприятий, осуществляющих поставку питания в вышеуказанные системы, а также организующих питание на рабочих местах с целью повышения обоснованности выбора поставщика при корпоративных или госзакупках, оценки эффективности и качества выполняемых, в рамках ограниченного ресурсного обеспечения, функций по организации питания. Для разрабатываемой МНП нами был определен следующий дизайн, представленный на рисунке 20.

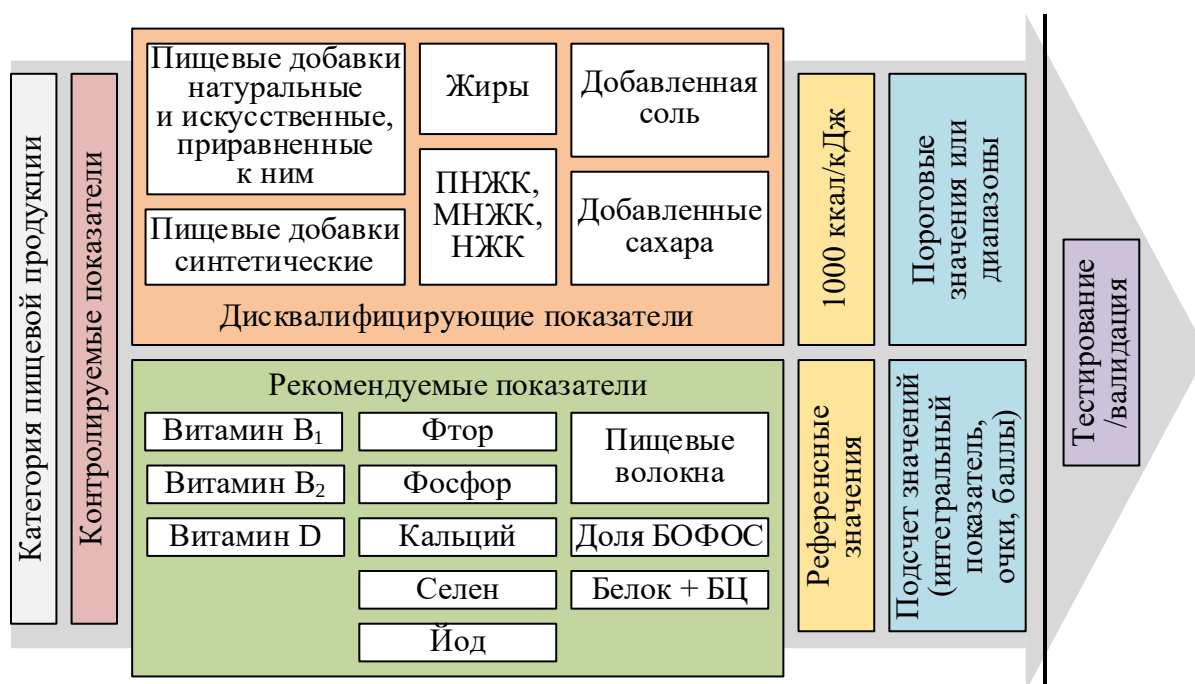


Рисунок 20 – Модель нутриентного профилирования

Как видно из представленной модели, в качестве квалифицирующих ингредиентов были приняты витамины (В₁, В₂, D), минеральные вещества (фосфор, фтор, кальций, селен, йод) и пищевые волокна. Набор этих показателей обусловлен результатами проведенного в п. 1 обзора научных и нормативных источников, а также результатами анализа информации об организации питания в образовательных учреждениях России, проведенного на основе агрегации данных за 2020–2025 гг. и содержащегося в соответствующей базе данных НИИ гигиены Роспотребнадзора.

По результатам анализа рационов российских школьников в группу контролируемых в данной нутриентной модели ингредиентов вошли витамины В₁, В₂, D и минеральные вещества F, P, Ca, по которым отмечается системная недостаточность в рационах. Как наиболее часто упоминаемые в качестве дефицитных в научной литературе приняты для включения в модель I и Se и пищевые волокна.

В квалифицирующие показатели также включена доля продуктов группы здорового питания в составе анализируемого пищевого продукта или блюда, конкретно суммарное содержание бобовых овощей, фруктов, орехов, семян в составе рецептуры блюда по массе нетто. Этот показатель для продуктов, в которых возможно определить удельный вес по их содержанию в рецептуре, будет расчетным, а по продукции, поставляемой

поставщиками, будет приниматься по заявлению поставщика с возможностью проверки показателя на основании лабораторных исследований.

Последний квалифицирующий параметр в МНП – это содержание белка, которое предполагается учитывать с учетом аминокислотного состава и показателя БЦ на основе значения содержания лимитирующей аминокислоты.

При включении данного показателя в МНП осуществляется предварительный расчет аминокислотного сгора по незаменимым аминокислотам и определяется лимитирующая аминокислота, обуславливающая возможность усвоения всех остальных аминокислот, находящихся в продукте, и направление усвоенного белка на пластические нужды организма.

Перед использованием в МНП значение содержащегося в продукте или блюде белка предварительно корректируется на значение его БЦ, учитывающее содержание и соотношение аминокислот в продукте или блюде, в том числе лимитирующих, как факторов, ограничивающих его полное усвоение.

При вычислении значения БЦ опираются на предварительный расчет коэффициента различия содержания аминокислот (КРАС).

Дисквалифицирующие показатели (не поощряемые к потреблению) предполагают в первую очередь стандартный перечень «нездоровых» ингредиентов, способствующих развитию НИЗ: содержание добавленных соли и сахара, общее количество жиров. Дополнительно вводится показатель, отражающий качество входящих в состав пищевой продукции жиров с точки зрения соотношения ненасыщенных (моно- и поли-) жирных кислот и насыщенных. Кроме того, предлагается ввести в СНП индикаторы, отражающие наличие в продукте используемых пищевых добавок двух групп: первая группа добавок (E200–E299 – консерванты и E700–E799 – антибиотики) и вторая группа, объединяющая красители, усилители вкуса, ароматизаторы, прочие улучшители текстуры и характеристик изделий, которые часто используются при производстве пищевой продукции, как в пищевой промышленности, так и в объектах общественного питания (комбинатах, фабриках, заготовочных предприятиях) при использовании индустриальных способов ее производства (E100–E182 – красители, E600–E699 – усилители вкуса и аромата, E900–E999 – антифламинговые добавки, улучшители муки, подсластители, глазирователи, E1100–E1105 – ферментные вещества, поддерживающие внешний вид продукта).

Результаты оценок, полученные при применении разработанной МНП, будут использоваться для ранжирования пищевой продукции в целях обеспечения аргументированного выбора из имеющихся альтернатив. Это позволит исключить неопределенность при оценке позиций, которые будут закупаться для реализации в рамках дополнительного питания организованных контингентов; при корректировке рецептур, блюд и кулинарных изделий и пищевой продукции, имеющей целевое предназначение для организации питания массовых контингентов с учетом особенностей и требований, а также облегчит подбор блюд и изделий при формировании рационов.

Витамины (B₁, B₂, D), минеральные вещества (F, P, Ca, Se, I) и пищевые волокна имеют различные нормируемые значения содержания в суточном рационе для людей разного возраста и пола. Однако соотнесение нормируемого содержания и рекомендуемой суточной калорийности рациона позволяет сформировать нормируемые значения на 100 ккал. Сопоставление этих данных позволило установить, что колебание желаемой плотности указанных нутриентов для разных групп питающихся фактически находятся в диапазоне с отклонением 10 %. В дальнейшем при разработке оценочных шкал был установлен диапазон разброса и оценочные метки внутри него на основе первичной оценки и ранжирования по отдельным категориям пищевой продукции, исходя из получившегося разброса.

Также осуществлена адаптация оценочных шкал по соответствующим категориям продуктов в отношении белка. Показателем является соотношение содержания белка в граммах (с корректировкой на значение биологической ценности) на 100 ккал.

В отношении таких дисквалифицирующих параметров, как добавленная соль и добавленные сахара, оценивание основано на введении пороговых значений в граммах на 100 г или 100 мл пищевого продукта.

Оценка по жиру формируется через показатель, рассчитываемый как соотношение содержания жиров в граммах на 100 ккал продукта. Показатель, оценивающий качественный состав жиров формируется на основе диапазона значений, получаемого путем соотношения содержания моно- и полиненасыщенных жирных кислот к насыщенным жирным кислотам, содержащимся в 100 г продукта. Итоговый перечень показателей, используемых в спроектированной МНП, представлен в таблице 10.

Таблица 10 – Набор показателей для расчета итогового значения НП продукта/блюда

Показатель	Особенности расчета
Витамин В ₁ , мг/1000 ккал	Для указанной группы показателей необходимо соотнести их значение в граммах, миллиграммах, микрограммах с калорической ценностью оцениваемого продукта (блюда) и сформировать значение на 1000 ккал, т. е. поделить содержание соответствующего показателя (нутриента) на энергетическую ценность продукта (блюда) в килокалориях и умножить результат на 1000
Витамин В ₂ , мг/1000 ккал	
Витамин D, мкг/1000 ккал	
F, мг/1000 ккал	
P, мг/1000 ккал	
Ca, мг/1000 ккал	
Se, мкг/1000 ккал	
I, мкг/1000 ккал	
Пищевые волокна, г/1000 ккал	
Белок, г/1000 ккал	
Жиры, г/1000 ккал	
Биологическая ценность ¹⁾ , %	Расчетная величина, основанная на соотношении аминокислот с их содержанием в «идеальном» белке и выявлении лимитирующей аминокислоты, которая ограничивает возможность усвоения содержащегося в продукте белка
(МНЖ + ПНЖ) / НЖК ²⁾	Показатель отражает отношение содержащихся в продукте ненасыщенных жирных кислот (моно- и поли) к насыщенным
Доля БОФОС ³⁾	Показатель доли (в процентах) продуктов, относящихся к категориям «Бобовые», «Овощи», «Фрукты», «Орехи», «Семена», взятых суммарно по массе нетто в граммах из рецептур, к общему весу продукта (выходу блюда)
Добавленная соль ⁴⁾ , г/100 г или г/100 мл	Показатель определяется соотношением взятых по нетто в граммах закладок позиций саха и соль соответственно на итоговый вес в граммах или объем в миллилитрах блюда и умножением полученного результата на 100
Добавленный сахар ⁴⁾ , г/100 г или г/100 мл	
ПД-1 ⁵⁾	Показатели будут определяться по факту наличия отметки о наличии добавок в составе продукта
ПД-2 ⁵⁾	
Примечания 1) Коррекция содержания белка на основе расчета аминокислотного сгора к «идеальному» белку и коэффициента соотношения содержания отдельных аминокислот в продукте. 2) Аналогично расчетам из индекса NEI 2020. 3) Доля в массе сырьевого набора сложного продукта фруктов, овощей, бобовых, орехов, семян с учетом доли их съедобной части (значения из базы состава, для блюд – масса нетто). 4) Из маркировки МР 2.3.0122-18 «Гигиена питания. Цветовая индикация на маркировке пищевой продукции в целях информирования потребителей. Методические рекомендации» [257]. 5) Параметры МНП, связанные с содержанием пищевых добавок, предполагают оценивание по дихотомической шкале – есть/нет.	

В отношении пищевых добавок (ПД) I и II уровня предполагается учет их принципиального включения в состав продукта (без учета абсолютного или относительного количественного содержания). При оценке следует отметить ряд особенностей такого учета.

Например, некоторая группа пищевых добавок, присутствующих в химическом составе продукта, может быть оценена как отсутствие ПД, поскольку есть ряд органических кислот (виноградная, яблочная), которые хоть и имеют идентификатор, указывающий их как ПД, но сам процесс их синтеза или получения из природного сырья качественно не влияет на итоговое состояние продукта. Например, внесение аскорбиновой кислоты при витаминизации блюд в организованном питании не может восприниматься как дисквалифицирующий фактор, поскольку это желательный привнесенный антиоксидант и иммуностимулятор. С этих позиций в МНП будет прикреплен справочник разрешенного списка позиций, позволяющий маркировать отдельные ПД, которые позже при расчете будут восприниматься как отсутствие привнесенного ингредиента.

На основе диапазонов значений в категориях, рекомендуемых и пороговых значений, определенных на основании законодательных и нормативных документов, технических регламентов на пищевую продукцию, в МНП осуществляется формирование оценок с учетом заданных требований, которые при агрегировании формируют итоговую интегральную оценку – рейтинговый балл по каждой позиции. В модели использованы следующие обозначения основных категорий референсных значений (рисунки 21 и 22).

Рекомендуемая диетическая норма (RDA)/ Рекомендуемая норма потребления (RNI)	→	Уровень потребления питательного вещества, достаточный для удовлетворения потребностей 97,5 % здоровых людей в определенной возрастной и половой группе (в случаях недостаточности данных для определения RDA/RNI используется AI – адекватный уровень потребления). Для России – МР 2.3.1.1915-04, МР 2.3.1.0253-21
Средняя потребность в питательных веществах (AR/EAR)	→	Средний уровень потребления, достаточный для удовлетворения потребностей 50 % здоровых людей в группе
Верхний допустимый уровень потребления (SUL/UL)	→	Максимальный уровень хронического ежедневного потребления питательного вещества, который вряд ли вызовет неблагоприятные последствия для здоровья
Нижняя норма потребления (LRNI)	→	Количество питательного вещества, достаточное только для людей с низкими потребностями (2,5 % населения)

Рисунок 21 – Основные категории референсных значений

Для разработки программного модуля, позволяющего реализовать вышеописанные задачи, было сформулировано техническое задание (приложение В).

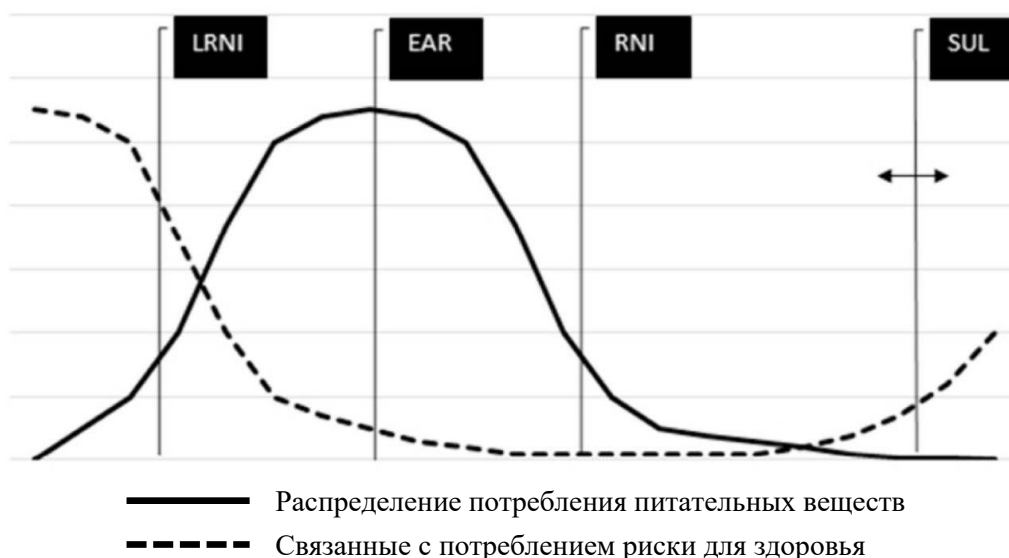


Рисунок 22 – Визуализация основных категорий референсных значений через содержание в продукте и риск потребления, сопровождающий это содержание

Разрабатываемый для реализации расчетов МНП модуль программного средства также проходит валидацию на соответствие требованиям точности расчетов нутриентной плотности продуктов и блюд. При этом система должна поддерживать тестовые наборы данных для проверки корректности работы алгоритмов нечеткой логики и функций агрегации.

Предусматривается модуль сравнительного анализа результатов с существующими методами оценки нутриентной плотности, а также пищевой и биологической ценности для подтверждения адекватности предлагаемых решений. Результаты валидации должны документироваться и быть включены в техническую документацию системы.

Валидация предлагаемой МНП осуществляется в рамках следующих категорий блюд и пищевой продукции с учетом необходимости обеспечения условия принципиальной сравнимости отдельных позиций, объединенных в общую группу:

- холодные блюда и закуски, блюда из макарон, круп и каши, мучные изделия (в том числе изделия без начинок, с начинками из мяса, птицы, рыбы, с овощными и фруктовыми начинками), блюда из мяса, блюда из рыбы, блюда из птицы, блюда из яиц и творога, гарниры (в том числе на основе овощей, круп и злаков, картофельные гарниры), супы, соусы, горячие напитки, холодные напитки, сладкие блюда и кондитерские изделия;

- многокомпонентные полуфабрикаты с разделением: овощные полуфабрикаты, полуфабрикаты из мяса птицы, рыбы и творога, мучные полуфабрикаты, в зависимости от вида начинок;

– пищевая продукция промышленного производства с разделением на соответствующие категории.

Реализация разрабатываемого программного обеспечения позволит значительно улучшить качество анализа питательной ценности и нутриентной плотности продуктов и блюд, обеспечив специалистов по питанию и разработчиков пищевой продукции современным инструментом для принятия обоснованных решений. Использование нечеткой логики обеспечит более реалистичную и гибкую оценку соответствия продуктов и блюд особым требованиям, что особенно важно при работе с различными группами населения и специфическими диетологическими потребностями (аллергии, непереносимости, повышенная потребность в отдельных веществах и пр.).

3.4 Разработка интегрального показателя оценки качества рациона

Оценка рационов питания представляет собой более сложную задачу по сравнению с оценкой отдельных продуктов, поскольку требует учета взаимодействия между различными компонентами рациона, их синергетических эффектов и соответствия индивидуальным потребностям человека. Разрабатываемый интегральный показатель оценки качества рациона (ИПОКР) представляет собой комплексный инструмент для количественной оценки соответствия индивидуальных или групповых рационов принципам здорового питания. Разработка ИПОКР базируется на современных научных представлениях о связи между характером питания и состоянием здоровья, а также на анализе опыта создания аналогичных индексов в различных странах. Индекс может быть применен к модели питания для любого человека старше трех лет вне зависимости от его пола, возраста, особенностей питания, связанных с национальной и географической спецификой.

Концептуальными основами ИПОКР являются следующие основные аспекты здорового устойчивого питания: адекватность потребления и сбалансированность рациона в целом; разнообразие рациона, соответствие потребительским ожиданиям и социально-культурному контексту; экологическая устойчивость рациона.

Как и в любом индексе качества питания, компонентная структура разработанного ИПОКР включает группы продуктов или нутриентов, потребление которых следует по-

ощрять для поддержания здоровья, и группы пищевых компонентов, избыточное потребление которых может нанести вред здоровью. Нечеткая логика позволяет создать интегрированную систему оценки, которая способна объединить соответствие совокупности требований, регламентов и учитывает множество факторов (рисунок 23).

Проектирование расчетного модуля ИПОКР реализовано с использованием аппарата нечеткой логики. Основными компонентами для формирования базовой версии ИПОКР послужили следующие промежуточные показатели:

- результирующие показатели, определяющие адекватность восполнения потребностей организма в сравнении с нормативными значениями, в том числе индексы качества соответствующих нутриентов (ИВПМВ, ИВПВ, ИКБ, ИКЖ, ИКУ, ИСБ);
- группа показателей, характеризующих соответствие рациона критериям здорового питания (БОФОС, ИС, ИСА, ИРЖКС);



Рисунок 23 – Возможности интегрированной системы ранжирования и оценки

- группа индикативных показателей, в число которых включены традиционные критерии качества питания (ИРП, ИП);
- оценочные шкалы частных показателей, регламентирующие диапазоны значений, позволяющих характеризовать частный показатель как «очень высокое качество рациона», «высокое качество рациона», «допустимое качество рациона» и «недопустимое/низкое качество рациона»;

– весовые коэффициенты для частных показателей: K_1 – K_{11} – позволяющие корректировать по половозрастному составу и природно-климатическим факторам окружающей среды, применяемым к ИПОКР в целом или к входящим в ИПОКР компонентам (применяется в расширенной версии).

В результате с помощью метода аддитивной свертки определена формула ИПОКР (упрощенная версия, учитывающая только воздействие на здоровье):

$$\begin{aligned} \text{ИПОКР} = & K_1 \times \text{ИВПМВ} + K_2 \times \text{ИВПВ} + K_3 \times \text{ИКЖ} + K_4 \times \text{ИКБ} + \\ & + K_5 \times \text{ИКУ} + K_6 \times \text{ИСБ} + K_7 \times \text{ИЗИ/БОФОС} + K_8 \times \text{ИП} + K_9 \times \text{ИС} + \\ & + K_{10} \times \text{ИСА} + K_{11} \times \text{ИЖКС} + K_{12} \times \text{ИР}, \end{aligned} \quad (15)$$

где **ИВПМВ** – индекс восполнения потребности в минеральных веществах (агрегируется на основе нечеткой логики исходя из соотношения фактического содержания и заданных диапазонов значений по всем значениям минеральных веществ, имеющимся в базе данных с учетом сбалансированности по заданным показателям); **ИВПВ** – индекс восполнения потребности в витаминах (агрегируется на основе нечеткой логики исходя из соотношения фактического содержания и заданных диапазонов значений по всем значениям витаминов, имеющимся в базе данных, с учетом сбалансированности по заданным показателям); **ИКЖ** – индекс качества жиров (агрегируется на основе нечеткой логики по показателям: фактическое содержание жиров и заданные диапазоны значений; коэффициент использования липидов (коэффициент биологической эффективности) и RL – коэффициент рациональности жирнокислотного состава, содержания холестерина и содержания транс-жиров в рационе); **ИКБ** – индекс качества белков (агрегируется на основе нечеткой логики по показателям: фактическое содержание белков и заданные диапазоны значений; БЦ – биологическая ценность, ИНАК – индекс незаменимых аминокислот, U – обобщающий коэффициент аминокислотного состава и R_c – коэффициент рациональности аминокислотного состава); **ИКУ** – индекс качества углеводов (агрегируется на основе нечеткой логики по показателям: фактическое содержание углеводов и заданные диапазоны значений; доля углеводов в энергетической ценности рациона, суммарный гликемический индекс рациона; содержание пищевых волокон (клетчатки) и содержание пектина в рационе); **ИСБ** – индекс сбалансированности макронутриентов (агрегируется на основе нечеткой логики с учетом степени соблюдения соотношений сбалансированности по заданным

показателям: доля белков, жиров и углеводов в энергетической ценности рациона, соотношение белков, жиров и углеводов в рационе в граммах и в процентах от энергетической ценности рациона); **ИЗИ/БОФОС** – индекс содержания здоровых сырьевых ингредиентов; **ИП** – индекс потребления (съедаемости); **ИС** – индекс содержания соли (средняя оценка по показателям: доля сахаров в суточном рационе в граммах, доля от дневной нормы в рационе); **ИСА** – индекс содержания добавленных сахаров (средняя оценка по показателям: доля сахаров в суточном рационе в граммах и в процентах от энергетической ценности, доля от дневной нормы в рационе); **ИЖКС** (или ИТЖ/ИНЖ) – индекс жирнокислотного состава (индекс соотношения суммы поли- и мононенасыщенных жиров или содержания транс-жиров к содержанию насыщенных жиров); **ИР** – индекс разнообразия рациона.

Для обеспечения сопоставимости оценок между различными группами питающихся и индивидами все показатели потребления нормализуются относительно энергетической ценности рациона. Нормализация осуществляется путем расчета плотности потребления на 1000 ккал:

$$П_{\text{норм}_i} = \frac{П_i \cdot 100}{\mathcal{E}}, \quad (16)$$

где $П_{\text{норм}_i}$ – нормализованное потребление i -го компонента; $П_i$ – абсолютное потребление i -го компонента; $\mathcal{E}$ – общая энергетическая ценность рациона, ккал.

Этот подход позволяет учитывать различия в общем объеме потребления пищи между индивидами и фокусироваться на качественных характеристиках рациона.

При расчете ИВПМВ, ИВПВ, ИКЖ, ИКБ, ИКУ, ИСБ используется логика нечетких множеств по методике, аналогичной используемой при расчете МНП.

ИЗИ (БОФОС) определяется на основании доли (в процентах) продуктов, относящихся к категориям «Бобовые», «Овощи», «Фрукты», «Орехи», «Семена», взятых суммарно по массе нетто в граммах к общей массе рациона; при работе с показателями сырьевого набора учитывается масса брутто с поправкой на долю (в процентах) съедобной части продукта.

ИП определяется на основании данных полученных при осуществлении мероприятий мониторинга непосредственно по месту питания целевого контингента (замер доли

отходов) и отражает долю съеденного рациона в процентах. В расширенной версии включает результаты потребительской оценки, получаемые в ходе изучения потребительской удовлетворенности на основании анкетирования/опросов потребителей и (или) их законных представителей.

ИС и ИСА рассматриваются как целевые показатели и рассчитываются как процент выполнения заданного норматива по показателям доли в рационе (в граммах и (или) процентах и доли от суточного норматива). Отклонения в меньшую сторону рассматриваются как 100 % выполнение целевого норматива, отклонения в большую сторону снижают значения пропорционально;

ИР определяется на основе индекса Шеннона (Shannon diversity index), изначально разработанного для биологических систем, но сегодня применяемого и в анализе пищевого рациона. Формула расчета:

$$\text{ИР} = - \sum_{i=1}^n p_i \cdot \ln p_i, \quad (17)$$

где ИР – значение индекса разнообразия питания Шеннона; n – общее количество категорий продуктов (или видов); p_i – доля i -го продукта (или группы продуктов) в общем объеме (или количестве) потребляемых продуктов.

Для каждого продукта считается доля p_i , т. е. сколько процентов от общего количества съеденного приходится на продукты этого типа. Затем для всех типов продуктов суммы ($p_i \cdot \ln p_i$) складываются и знак меняется на противоположный.

Пример реализации:

– если рацион состоит только из одного продукта, индекс будет равен 0 (минимальное разнообразие);

– чем ближе значения H к максимуму (когда потребление разных продуктов максимально равномерно), тем выше разнообразие рациона.

Пример: если в рационе четыре вида продуктов, каждый занимает по 25 % объема рациона, тогда $p_i = 0,25$. Подставляем в формулу:

$$H = -[4 \times (0,25 \times \ln 0,25)] = -[4 \times (0,25 \times -1,3863)] = 1,3863.$$

Это и есть максимальное разнообразие при равном распределении.

В расширенной версии ИПОКР можно также учитывать биодоступность нутриентов из различных источников пищи. Для этого вводятся поправочные коэффициенты биодоступности (ПКБ), которые отражают степень усвоения нутриентов организмом:

$$П_{эфф_i} = П_i \cdot ПКБ_i, \quad (18)$$

где $П_{эфф_i}$ – эффективное потребление i -го нутриента с учетом биодоступности; $П_i$ – фактическое потребление i -го нутриента; $ПКБ_i$ – поправочный коэффициент биодоступности для i -го нутриента.

Поправочные коэффициенты определяются на основе научных данных о биодоступности нутриентов формируют соответствующую базу данных. Усвояемость из различных источников пищи варьируется в диапазоне от 0,3 до 1,0. Биотехнологическая и термическая обработка сырья и продуктов, направленная на снижение содержания антипитательных факторов и повышение усвояемости нутриентов, позволяет повысить итоговые, принимаемые в расчет значения нутриентов, поэтому в перспективе ИПОКР позволит оценивать совокупное влияние на рацион технологических способов, направленных на повышение усвояемости рациона питания.

В расширенной версии ИПОКР предусматривается интеграция показателей экологической устойчивости рациона. Для этого вводится дополнительный компонент – индекс экологической устойчивости (ИЭУ):

$$ИЭУ = \sum_{i=1}^m (УВ_i \cdot ЭИ_i), \quad (19)$$

где $УВ_i$ – углеродный след i -го продукта; $ЭИ_i$ – экологический импакт i -го продукта; m – количество продуктов в рационе.

ИПОКР с учетом устойчивости рассчитывается по формуле

$$ИОКР_{инт} = \alpha ИОКР + \beta ИЭУ, \quad (20)$$

где α и β – весовые коэффициенты, отражающие приоритет здоровья и экологических аспектов соответственно ($\alpha + \beta = 1$), определяемые экспертно.

При формировании итогового значения ИПОКР предполагается использование корректировочных коэффициентов, определяемых экспертно. При работе с одной целевой группой значения коэффициентов принимаются равными единице ввиду того, что настройка обобщающих расчетов реализована через корректировку диапазонов сравнения, осуществляемую на уровне формирования отдельных компонентов. В перспективе в расширенной версии для учета различий в потребностях в питательных веществах между различными возрастными и гендерными группами в ИПОКР вводятся соответствующие поправочные коэффициенты:

$$\text{ИПОКР}_{\text{скаорр}} = \text{ИПОКР} \times K_{\text{возр}} \times K_{\text{генд}} \times K_{\text{кл}}, \quad (21)$$

где $K_{\text{возр}}$ – возрастной поправочный коэффициент; $K_{\text{генд}}$ – гендерный поправочный коэффициент; $K_{\text{кл}}$ – климатический поправочный коэффициент.

Возрастные коэффициенты учитывают изменения потребностей в питательных веществах в различные периоды жизни, гендерные коэффициенты отражают различия в потребностях между мужчинами и женщинами. Климатический коэффициент вводится для учета особенностей природно-климатических факторов, оказывающих воздействие на организм человека, что предполагает направленную коррекцию потребляемого рациона.

Валидация ИПОКР осуществляется путем сравнения его значений показателями здоровья, в том числе с признанными биомаркерами статуса питания. Для этого используется корреляционный анализ между значениями ИПОКР и биомаркерами, такими как уровни витаминов в крови, липидный профиль, маркеры воспаления.

Калибровка индекса проводится с использованием данных о потреблении пищи и состоянии здоровья репрезентативных выборок населения. Процедура калибровки включает:

- определение оптимальных пороговых значений для каждого компонента;
- корректировку весовых коэффициентов на основе эпидемиологических данных;
- валидацию предиктивной способности ИПОКР, включая тестирование модели на выборке данных, которые не использовались при ее создании и обучении.

Формула калибровки имеет следующий вид:

$$\text{ИОКР}_{\text{кал}} = \frac{\text{ИОКР} - \mu}{\sigma} \cdot \sigma_{\text{станд}} \cdot \mu_{\text{станд}}, \quad (22)$$

где μ и σ – среднее значение и стандартное отклонение в исследуемой популяции; $\mu_{\text{станд}}$ и $\sigma_{\text{станд}}$ – стандартизированные значения.

Заданные статистические свойства ИПОКР:

- диапазон значений: от 0 до 100 баллов;
- среднее значение в здоровой популяции: 65–75 баллов;
- стандартное отклонение: 10–15 баллов;
- распределение: близкое к нормальному.

Интерпретация значений ИПОКР:

- 80–100 баллов: отличное качество рациона;
- 65–79 баллов: хорошее качество рациона;
- 50–64 балла: удовлетворительное качество рациона;
- 35–49 баллов: низкое качество рациона;
- менее 35 баллов: очень низкое качество рациона.

В перспективе предусматривается использование разработанного ИПОКР в исследованиях по оценке группового и индивидуального питания. Для оценки качества питания на популяционном уровне путем расчета средних значений и распределения индекса в различных группах населения.

Популяционная оценка проводится по формуле

$$\text{ИОКР}_{\text{поп}} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \text{ИОКР}_j, \quad (23)$$

где N – размер популяции; ИОКР_j – значение индекса для j -го индивида.

Для анализа различий между группами используется дисперсионный анализ:

$$F = MCM / MCO, \quad (24)$$

где MCM – межгрупповая средняя сумма квадратов; MCO – остаточная средняя сумма квадратов.

Аналогично ИПОКР может быть использован для оценки качества питания организованных контингентов при сопоставлении значения индекса в среднем по России или по муниципальному образованию и значения индекса для конкретной образовательной организации или объекта социального питания.

Визуально ИПОКР в сокращенной версии отражается в виде «радар» качества рациона с позиций влияния на здоровье (рисунок 24) и позволяет наглядно оценить степень отклонения каждого показателя от идеального состояния (принятого за условные 100 %).

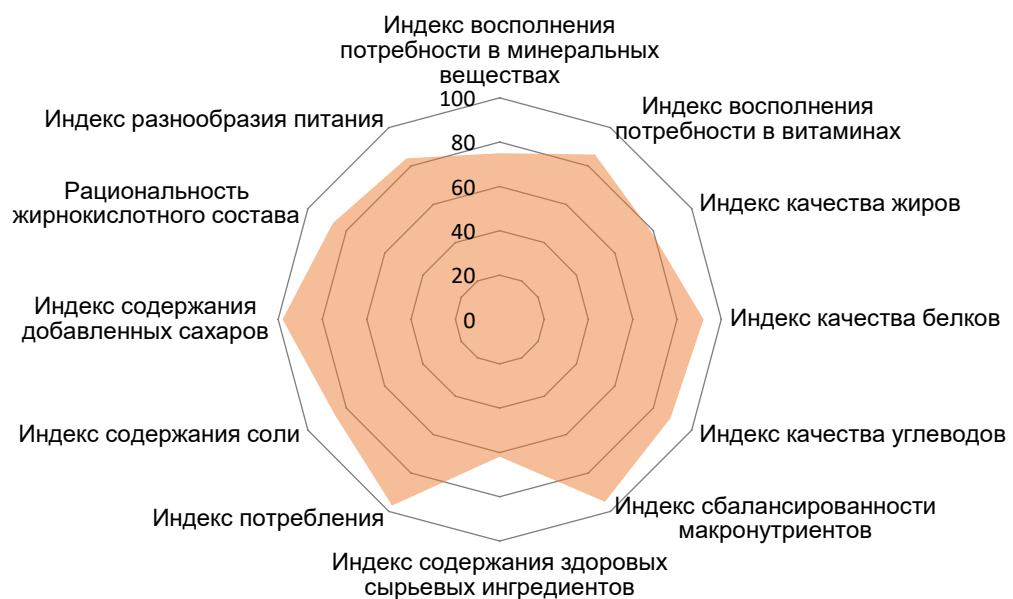


Рисунок 24 – Визуальный образ интегрального показателя оценки качества рациона

При интерпретации визуального отображения ИПОКР равен отношению площади, получаемой в результате вычислений фигуры, к площади «идеального ИПОКР» (идеальное состояние отображается как круг). Каждый показатель также имеет возможность декомпозиционной развертки, отражающей особенности формирования итоговых значений по каждому индексу и позволяющей определять направления, подлежащие коррекции.

В перспективе предусматривается возможность интегрирования в систему расчета ИПОКР медицинских данных для ведения и последующего учета: лабораторных показателей, антропометрических данных, клинических диагнозов, медикаментозной терапии.

Выводы по третьей главе

Существующие системы нутриентного профилирования продуктов и оценки рационов, основанные на концепции нутриентной плотности, общих подходах к отбору компонентов и использованию национальных и международных пищевых рекомендаций, требуют постоянного совершенствования и валидации. Наиболее распространенный метод проверки пригодности таких индексов – анализ корреляции между отдельными компонентами и итоговой оценкой. Другой подход к оценке информативности итоговых значений показателей системы профилирования или расчетов индекса – анализ его изменений в зависимости от различных факторов.

При формировании показателей оценки качества реально сложившегося рациона должны учитываться демографические данные (возраст, пол, место жительства), социально-экономические показатели (уровень дохода, образование), медицинские характеристики (наличие хронических заболеваний) и поведенческие факторы (физическая активность, курение, употребление алкоголя). Изменение индекса в ответ на изменения рациона питания также является важным критерием оценки.

Индексы качества питания могут быть использованы при проектировании рационов для целевых групп, в том числе при обосновании наиболее эффективных вариантов сочетаний различных продуктовых решений или в качестве основания для разработки новых видов или изменений рецептур пищевой продукции. В свою очередь, оптимизация рецептур существующих продуктов и блюд, а также проектирование рецептур при создании новых видов должно опираться на соответствующие инструменты нутриентного профилирования, призванные изначально исключить низкие по нутриентной плотности альтернативы от использования в создаваемых рационах.

Рассмотренные системы оценки и ранжирования продуктов питания и рационов в целом определяют наличие и строгость входных параметров для продукции, претендующей на представленность в соответствующих сегментах рынка здорового питания. Национальные особенности реализации инструментов систем нутриентного профилирования в значительной мере предопределяют и широту, и глубину представленного ассортимента продукции, имеющей здоровьесберегающий потенциал. Это может быть не только информирование о критичности содержащихся транс-жиров, соли и добавленных

сахаров, но и достаточно сложная интегральная оценка, позволяющая делать детально обоснованный выбор при закупках и эффективно управлять бюджетом как на индивидуальном, так и государственном (социальное питание) уровнях.

В свою очередь, наличие правил и упорядочивание процессов, создающих основания для осуществления заявлений о влиянии на здоровье пищевых продуктов (не относящейся к специализированной и функциональной), также должно позволить значительно диверсифицировать и дифференцировать продукцию на рынке здорового питания. Однако изначально такая продукция должна пройти процедуру признания соответствия диапазонам значимой нутриентной плотности, полученным при использовании инструментов нутриентного профилирования.

В целом современные требования к продуктам и рационам здорового питания требуют перехода к формам интегральной оценки, которые должны позволять учитывать несколько ключевых аспектов, требующих необходимости учета при формировании технических заданий на разработку таких инструментов оценки и ранжирования продуктов и рационов:

- количественный анализ содержания в рационе продовольственных групп и отдельных пищевых продуктов с учетом возможности использования этой информации как в абсолютных значениях, так и для получения показателей нутриентной плотности (на 1000 ккал, в процентах от общей калорийности и др.);

- количественный анализ пищевых веществ – традиционный подход, основанный на определении содержания белков, жиров, углеводов, витаминов и минеральных веществ в продуктах и рационах. При этом важно оценить перспективность использования таких производных показателей, как соответствие рекомендуемым нормативам, соотношение отдельных макро- и микронутриентов, относительные величины, отражающие нутриентную плотность;

- качественный анализ основных макронутриентов, основанный на определении качества входящих белков (аминокислотный скор, биологическая ценность, коэффициенты различия аминокислот и др.), жиров (жирнокислотный скор, содержание и соотношения ПНЖК, МНЖК, НЖК, транс-жиров и пр.), углеводов (относительные величины и соотношения моно- и олигосахаридов, пищевых волокон, добавленных сахаров к общему количеству углеводов и пр.);

– качественный анализ биологической активности, что включает оценку биодоступности пищевых веществ, их синергического действия, а также наличие биоактивных соединений (антиоксиданты, фитонутриенты), способных оказывать благотворное влияние на здоровье (например, оценка антиоксидантной активности продуктов или их влияния на микробиоту кишечника);

– учет индивидуальных особенностей: система оценки должна давать возможность персонализации, т. е. учитывать возраст, пол, уровень физической активности, состояние здоровья, наличие аллергии и индивидуальных предпочтений (например, потребности в пищевых веществах, как и допустимый набор используемых в питании продуктов у кормящей женщины, значительно отличаются от потребностей пожилого человека);

– учет в оценке рациона (или отдельного продукта) содержания пре-, про- и синбиотиков, поскольку эти вещества, влияющие на микробиоту кишечника, играют важную роль в поддержании здоровья;

– количественная оценка риска развития хронических и неинфекционных заболеваний: на основе анализа пищевых привычек и индивидуальных особенностей интегральная система оценки должна прогнозировать риск развития таких заболеваний, как сердечно-сосудистые заболевания, диабет II типа, некоторые виды рака. Это позволит в дальнейшем совершенствовать систему оценки, выводя часть нежелательных или поощряемых к употреблению позиций из укрупненных групп;

– учет взаимодействия продуктов: система оценки не должна рассматривать продукты изолированно. Важно учитывать синергетический эффект различных компонентов пищи, например, влияние растительных волокон на усвоение минеральных веществ.

Разработка объективных и понятных систем оценки и ранжирования качества продуктов и рационов здорового питания – сложная задача, требующая междисциплинарного подхода. Только интегральная система, объединяющая количественные и качественные показатели, с учетом индивидуальных особенностей и потенциала профилактики хронических и неинфекционных заболеваний, может действительно способствовать продвижению здорового образа жизни и повышению качества жизни населения.

Разработанные принципы системы нутриентного профилирования и их конкретизация в алгоритме предлагаемой модели нутриентного профилирования способны обеспечить научно обоснованный подход к оценке пищевой ценности продуктов с учетом их влияния на здоровье человека и создать основу для ранжирования пищевых альтернатив в про-

цессе выбора. Предложенная методология включает как пороговые методы оценки, так и системы оценки, основанные на применении нечеткой логики, что позволяет гибко адаптировать подходы к различным задачам общественного здравоохранения.

Разработанный интегральный показатель оценки качества рациона (ИПОКР) с соответствующим математическим аппаратом представляет определенный вклад в методологию комплексной оценки питания. Предложенные формулы и алгоритмы расчета обеспечивают возможность количественной оценки соответствия рационов принципам здорового устойчивого питания с учетом популяционных и индивидуальных особенностей.

Интеграция цифровых технологий и баз данных открывает новые перспективы для практического применения разработанных методологических подходов. Использование технологий машинного обучения, больших данных и мобильных приложений позволяет создавать эффективные, доступные решения для мониторинга и управления программами питания и пищевой коррекции населения.

Помимо этого, использование нечеткой логики для оценки пищевых продуктов и рационов обеспечивает гибкость (возможность адаптации к различным критериям оценки), прозрачность (понятность логики принятия решений), масштабируемость (легкость добавления новых правил и критериев), устойчивость (сохранение работоспособности при неточных данных).

Вышеизложенное позволило сформулировать методологический подход к оценке и ранжированию пищевых систем и рационов, представленный на рисунке 25. Данная методология при практическом использовании позволяет осуществлять *in silico* проектирование, создавая рецептуры блюд и рационы с заданной нутриентной плотностью; оптимизировать стоимость при закупе сырья, пищевой продукции или услуги питания путем поиска баланса между максимальным значением ранга МНП и минимальной ценой/логистической доступностью на основе оценок и ранжирования имеющихся альтернативных предложений. Кроме того, данный методологический подход применим при оценке качества рационов органами здравоохранения и образования, например, в школьном питании, на основе формирования цифровых дашбордов, позволяющих в динамике отражать уровень «нутриентного благополучия» региона и корректировать планы закупок продуктов (например, увеличивать поставки продуктов с высоким содержанием целевых показателей при снижении значений ИПОКР).

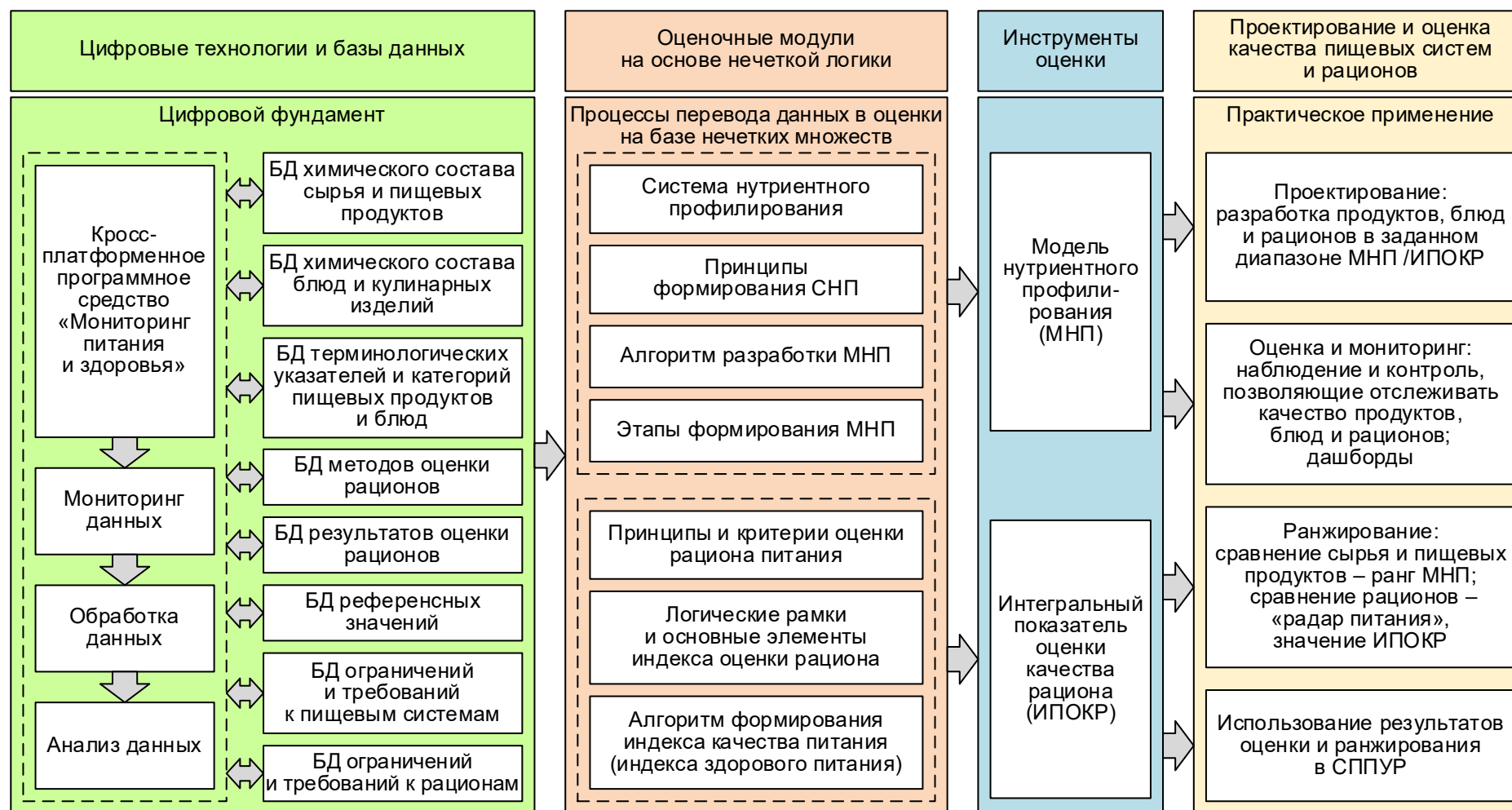


Рисунок 25 – Методологический подход к оценке и ранжированию пищевых систем и рационов

В то же время существуют как перспективы, так и ограничения данного методологического подхода. К основным ограничениям можно отнести:

- зависимость от экспертных знаний, поскольку качество системы ранжирования и оценки определяется качеством экспертных правил;
- сложность настройки, которая обусловлена необходимостью тщательной настройки функций принадлежности;
- вычислительная сложность, выражающаяся в увеличении времени расчетов при росте количества правил и необходимости наличия соответствующих технических возможностей.

К перспективным направлениям развития предлагаемого методологического подхода относятся:

- интеграция с методами машинного обучения;
- адаптивная настройка параметров;
- учет индивидуальных предпочтений пользователей;
- разработка мобильных приложений.

Практическая значимость разработанного в исследовании методологического подхода и включенных в него методов и инструментов заключается в возможности их применения для формирования политики в области питания, создания образовательных программ, разработки систем маркировки продуктов питания и оценки эффективности интервенций в области общественного здравоохранения. Предложенная методология может служить основой для создания национальных систем поддержки принятия управленческих решений, мониторинга и оценки программ питания и способствовать достижению целей устойчивого развития в обла. Данный подход превращает питание из эмпирического процесса в точно настраиваемую цифровую систему, где каждый продукт занимает свое место в иерархии полезности на основе объективных математических расчетов и физиологических потребностей питающихся контингентов.

4 Систематизация и унификация подходов к оценке роли растительного белка, качества и функционально-технологических свойств белковосодержащих продуктов переработки бобового сырья

4.1 Анализ и систематизация подходов к получению белка из традиционных, нетрадиционных и альтернативных источников

Белки играют ключевую роль в рационе человека, являясь основными строительными блоками для клеток и тканей. С увеличением населения Земли и изменением потребительских предпочтений возникает необходимость в более устойчивых и разнообразных источниках белка.

Под влиянием последствий COVID-19 продовольственный сектор претерпел глобальные изменения. Сформированные ранее подходы, направленные на получение белка из традиционных животных источников, в том числе с помощью нетрадиционных технологий, подверглись значительному пересмотру с учетом новых вызовов для пищевых цепей. Режим блокировки границ, социальная дистанция, остановка или значительное замедление ряда производств, безработица, социальное дистанцирование, деурбанизация оказали мощное воздействие на изменение продовольственной системы и разнообразие рациона питания на национальных уровнях и на уровне домохозяйств.

Анализ и систематизация современных направлений в отношении производства и потребления животного белка в России представлены в приложении Г. За последние пять лет наша страна сформировала рекордные объемы производства мяса, птицы, молока, рыбы и яиц, фактически обеспечив рекомендации по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания, а также достигла самообеспеченности по основным категориям продуктов животного происхождения более чем на 100 % (таблица Г.7 в приложении Г).

В то же время следует отметить изменение рыночной конъюнктуры и наличие потребительского спроса на альтернативные источники белка. Ответом на эти динамические процессы является продвижение на рынок энтомопротеина, микопротеинов и биодобавок, производимых из грибов, а также растительных концентратов и изолятов (сои, пшеницы, гороха). Эти тенденции обусловлены приоритетами, обозначенными в Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации, утвержденной указом Президента РФ от 28 февраля 2024 г. № 145, что предполагает расширение ресурсного потенциала пищевой промышленности, в том числе за счет использования инновационных пищевых ингредиентов из нетрадиционного сырья (насекомые, микроорганизмы, микроскопические грибы и др.) [13; 170].

В настоящее время белковая мука из насекомых разрешена в качестве кормовой (ГОСТ Р 70269-2022 «Биотехнология. Мука кормовая белковая из биомассы насекомых. Технические условия») и проходит испытание на базе ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» для принятия решения о включении в рацион человека. Это согласуется с глобальными трендами, поскольку с февраля 2025 г. Европейской комиссией обработанный ультрафиолетом порошок из личинок желтого мучного червя разрешено добавлять в ряд продуктов (хлеб, пасту, картофельные продукты, сыры, джемы и напитки). В связи с этим ожидается рост системных исследований, направленных на разработку нормативно-технологических оснований и создание условий для активного включения белка насекомых в питание россиян. В то же время у основной массы потребителей отмечаются определенный негативизм в отношении энтомобелков и более высокая лояльность к растительным протеинам как альтернативам животного белка.

В настоящее время в мировой практике получили развитие три типа альтернативных источников белка: растительные альтернативы (производят из растительных ингредиентов) [15; 16]; культивируемое мясо (включая морепродукты и другие ингредиенты животного происхождения), полученное путем культивирования клеток животных и масштабирования производства в биореакторах; продукты, получаемые методом ферментации [188; 189].

Прямое использование растительных продуктов – наиболее простой способ получения белка, который включает в себя употребление бобовых, злаков, орехов и семян в их

натуральном виде. Такие продукты могут быть использованы для приготовления разнообразных блюд, включая супы, салаты, запеканки и смузи.

Экстракция белка из растительных источников позволяет создавать концентраты и изоляты, которые можно использовать в пищевых продуктах и добавках [87; 261].

Для формирования полного аминокислотного профиля важно комбинировать различные источники белка. Например, сочетание бобовых и злаков (например, риса и чечевицы) может обеспечить организм всеми необходимыми аминокислотами.

Современные технологии, такие как ферментация и клеточная культура, открывают новые горизонты в производстве растительного белка. С переходом к устойчивым методам производства и потребления растительные источники белка могут сыграть ключевую роль в решении глобальных проблем продовольственной безопасности и изменения климата.

Актуализированный спектр подходов к получению животного и растительного белка из традиционных, нетрадиционных и альтернативных источников визуализирован на рисунках 26 и 27.

Анализ показал, что существует множество подходов к получению белка из различных источников. Традиционные источники остаются основными в рационе большинства людей, однако нетрадиционные и альтернативные источники набирают популярность благодаря своим экологическим преимуществам и потенциалу в решении вопросов продовольственной безопасности.

В условиях глобальных вызовов, таких как изменение климата и рост населения, важно развивать устойчивые методы производства белка, а также учитывать потребительские предпочтения и культурные аспекты. Систематизация этих подходов позволит лучше ориентироваться в разнообразии доступных источников и способах их получения, что является важным шагом к устойчивому будущему.

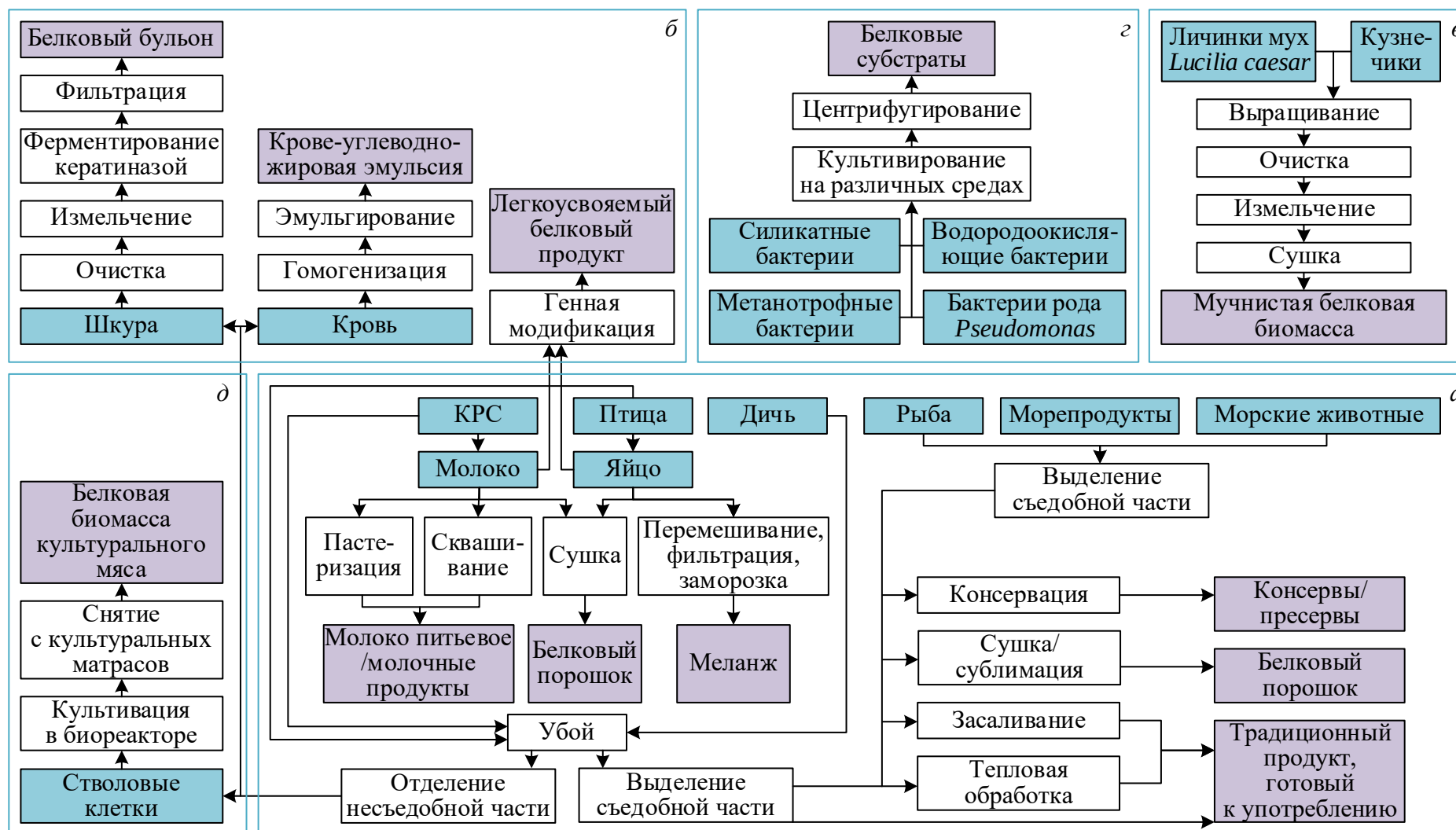


Рисунок 26 – Систематизация источников и технологий получения животного белка:

а – традиционное сырье, традиционная технология; б – традиционное сырье, нетрадиционная технология; в – нетрадиционное сырье, традиционная технология; г – нетрадиционное сырье, нетрадиционная технология; д – альтернативное сырье, альтернативные технологии

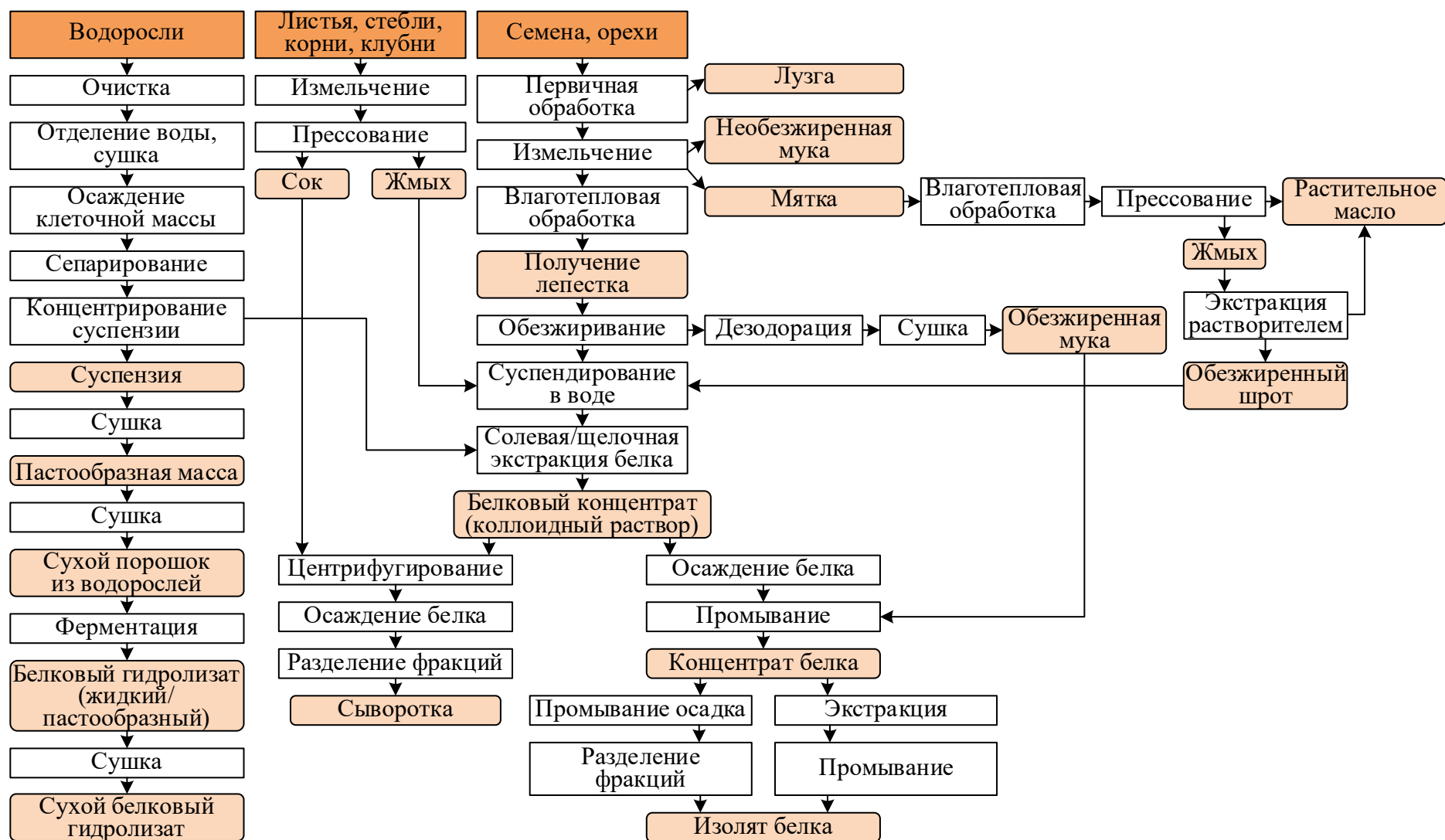


Рисунок 27 – Систематизация источников и технологий получения белка из растительных источников

4.2 Оценка бобового сырья как источника растительного белка, существующих рисков и преимуществ для здоровья человека и устойчивости продовольственных систем

Исходя из парадигмы устойчивого здорового питания, наиболее эффективной перспективой для обеспечения достижения ЦУР, согласно заключению EAT–Lancet Commission, является трансформация продовольственных систем в сторону расширения использования в питании растительного белка, а конкретно – бобовых растений. Эта тенденция привела к появлению нового глобального рынка растительных белков, объем которого, по оценкам, к 2025 г. составил 29,1 млрд долл. и к 2029 г. имеет потенциал роста до 60,7 млрд долл. со среднегодовым темпом прироста 15,4 % [355]. Основными драйверами выступают растущее число флекситарианцев и веганов, популяризация протеиновых инноваций, экологическая повестка и забота о здоровье.

Наиболее активный рост растительных источников белка отмечается в категориях «растительное мясо» и «молочные альтернативы», доля которых в Европе и Северной Америке занимает до 38 % и продолжает увеличиваться, показывая лидерство таких источников, как соя, горох, пшеница, а также инновационные белки (чечевица, нут, люпин, канولا, картофель).

Российский рынок растительных белков также демонстрирует бурный рост с 2015 г. Так, в 2018–2020 гг. среднегодовой темп роста составлял порядка 28,1 %, а в 2020–2024 гг. – около 24,8 %. В 2025 г. рынок растительных белков в Российской Федерации оценивается примерно в 720 млн долл., а к 2029 г. ожидается достижение объема более 1,7 млрд долл. со средним темпом роста 18,8 % в год [440].

Наибольшие перспективы для развития продуктовых инноваций в сфере растительного белка России обусловлены сменой потребительских привычек: ростом числа веганов, вегетарианцев, флекситарианцев; популяризацией концепций ЗОЖ; экологическими и этическими мотивами, а также растущим предложением в сегментах спортивного питания, молочных и мясных альтернатив в связи с появлением отечественных производителей. Наиболее активно среди источников белка развивается использование сои, гороха, рапса, льна и конопли [48; 167].

В Российской Федерации, как и на глобальном рынке, произошла смена стадии нишевых инноваций к фазе массового внедрения, и это формирует стремительный рост рын-

ков за счет новизны рецептур и расширения ассортимента мясных и молочных альтернатив, роста потребительского осознания и диверсификации производств (спортивное питание, пищевые добавки, корм для животных, косметика и фармацевтика). Темпы роста российского рынка растительных белков выше средних мировых значений, однако уровень проникновения по-прежнему ниже развитых рынков, что обуславливает высокий потенциал емкости в ближайшие годы.

Наиболее активно развивающимися культурами, производство которых имеет активный динамический рост за последние три года, в том числе обусловленный ростом импорта, являются нут (11,8 % от валового сбора) и чечевица (5,8 %).

Анализ объемов производства традиционных растительных источников белка в целом по стране показал, что на зерновые и зернобобовые культуры приходится 58 % валовых сборов сельскохозяйственных культур (рисунок 28). При этом от этого объема только 4,1 % составляют непосредственно зернобобовые, в которых доля гороха – 79 % [18].

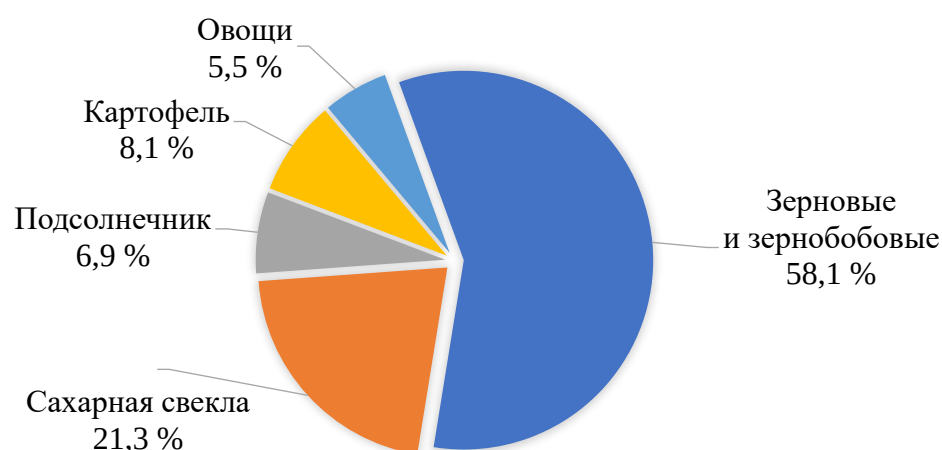


Рисунок 28 – Распределение валовых сборов сельскохозяйственных культур в России

Наиболее распространенными в России видами бобового сырья с учетом разнообразия зернобобовых культур являются горох (посевной и полевой (пелюшка) (лат. *Lathyrus oleraceus*), кормовые бобы (*Vicia faba* L. или *Faba vulgaris*), вика посевная/яровая (*Vicia sativa*), фасоль обыкновенная (*Phaseolus vulgaris*), люпин (белый *Lupinus albus*, желтый *Lupinus luteus*, многолетний *Lupinus perennis*, люпин узколистный *Lupinus angustifolius*), соя (*Glycine*), чечевица (*Lens*), чина посевная (*Lathyrus sativus*), нут (*Cicer*). Бобовые имеют существенные различия в отношении общего количества и аминокислотного состава, содержащегося белка, обусловленных особенностями сортовых отличий,

особенностями регионов и технологий возделывания и другими отличиями, обусловленными, например, применением методов генетической модификации.

В разрезе отдельных федеральных округов (рисунок 29) фактически половину всего объема бобовых производят Поволжский и Южный, такой же объем дают Центральный, Сибирский и Северо-Кавказский федеральные округа. Северо-Западный и Дальневосточный федеральные округа вносят в общее валовое производство бобового сырья минимальный вклад (сотые доли процента).

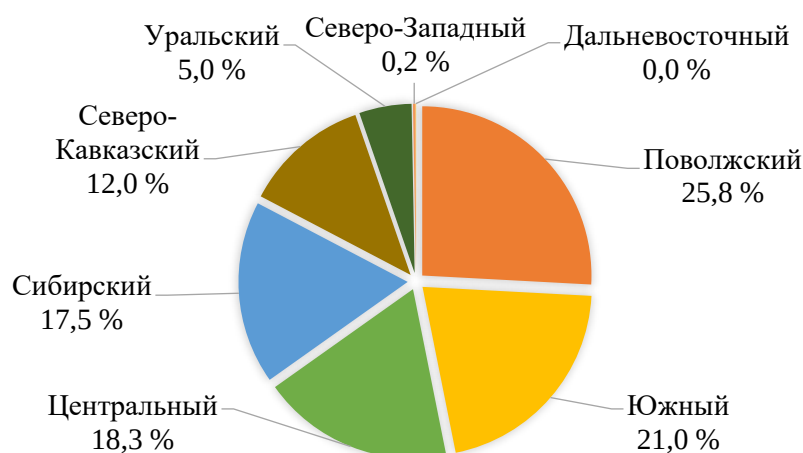


Рисунок 29 – Распределение производства бобовых по федеральным округам

Анализ доли отдельных видов бобовых в общем объеме производства показывает несомненное лидерство гороха – 79,2 % (рисунок 30). Наиболее активно развивающимися культурами, производство которых имеет активный рост за последние три года (в том числе обусловленный ростом импорта), являются нут (2 %) и чечевица (6 %).

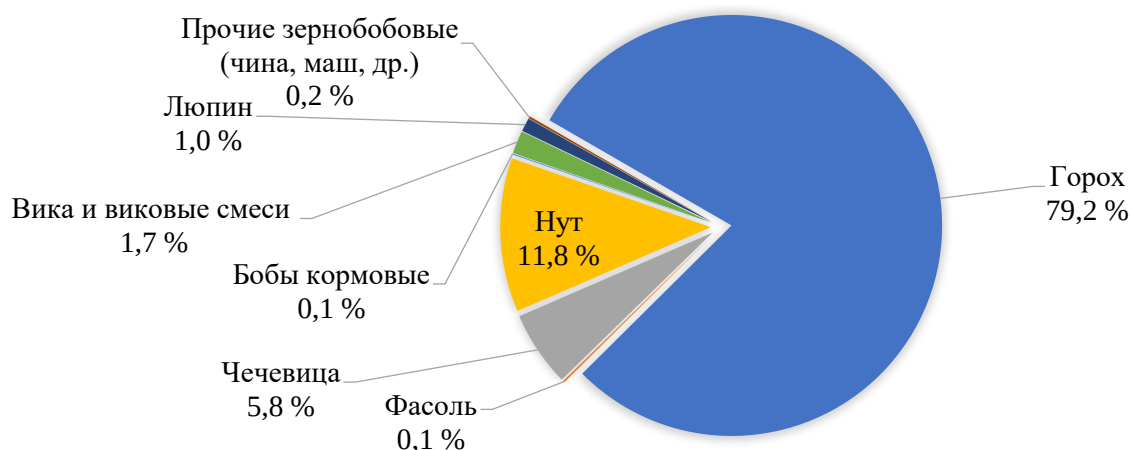


Рисунок 30 – Процентное соотношение валовых сборов бобовых культур

Оценка перспектив использования отдельных видов бобовых в качестве источника белка на основе сопоставления его общего содержания (рисунок 31) и аминокислотного состава (рисунок 32) в различных растительных источниках показала, что у большинства бобовых относительно низкое (почти вдвое по сравнению с «идеальным» белком) содержание серосодержащих аминокислот (метионина и цистеина), что необходимо учитывать при использовании бобового сырья в качестве источника белка в пищевых матрицах.

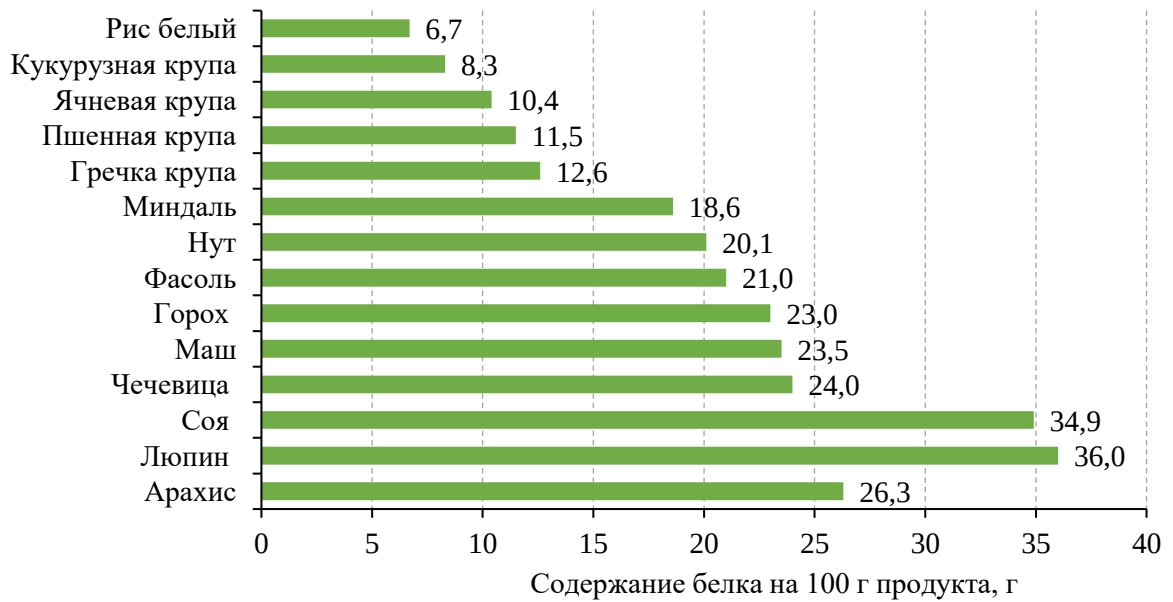


Рисунок 31 – Содержание белка в основных растительных продуктах

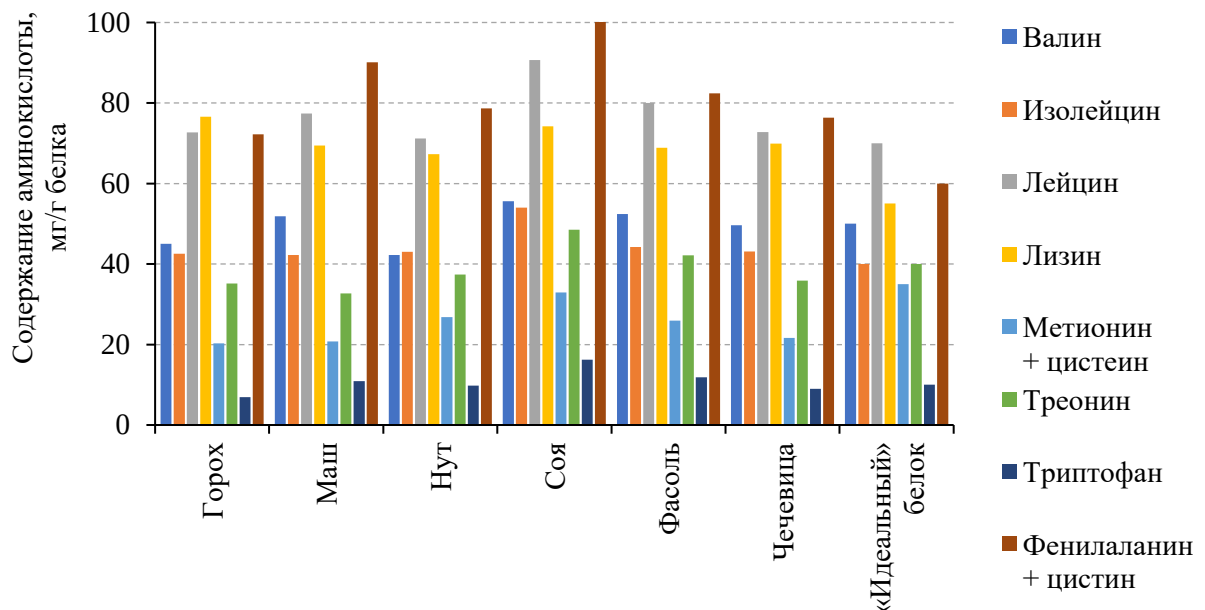


Рисунок 32 – Аминокислотный состав белка в основных растительных продуктах

В то же время перспективы системного употребления бобовых и продуктов их переработки в рационе человека опираются не только на количественное содержание и качественный состав белка, но и на особенности нутриентного состава (рисунок 33) и содержание антипитательных факторов (рисунок 34).

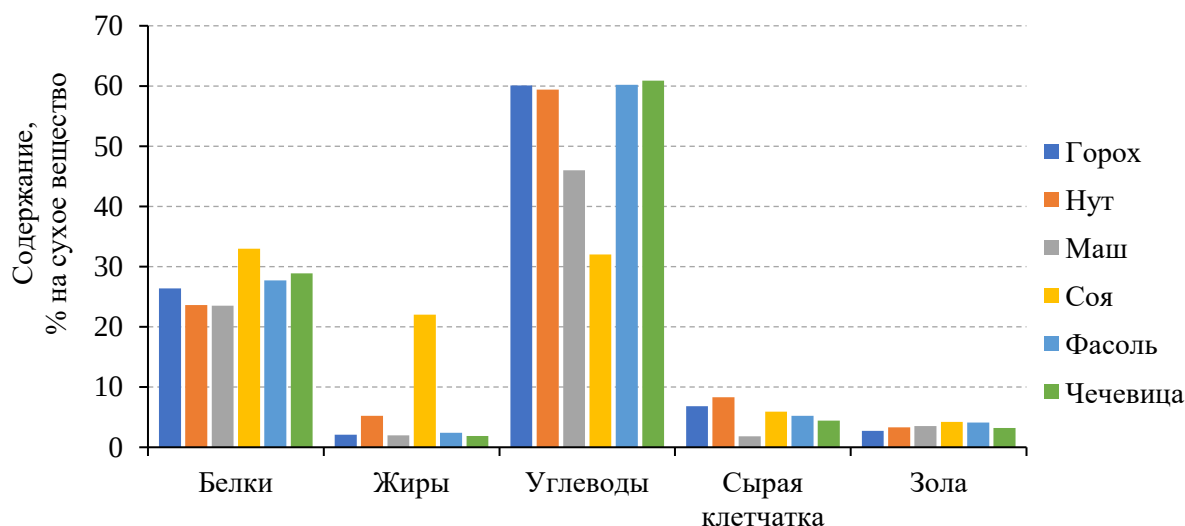


Рисунок 33 – Химический состав семян основных бобовых культур

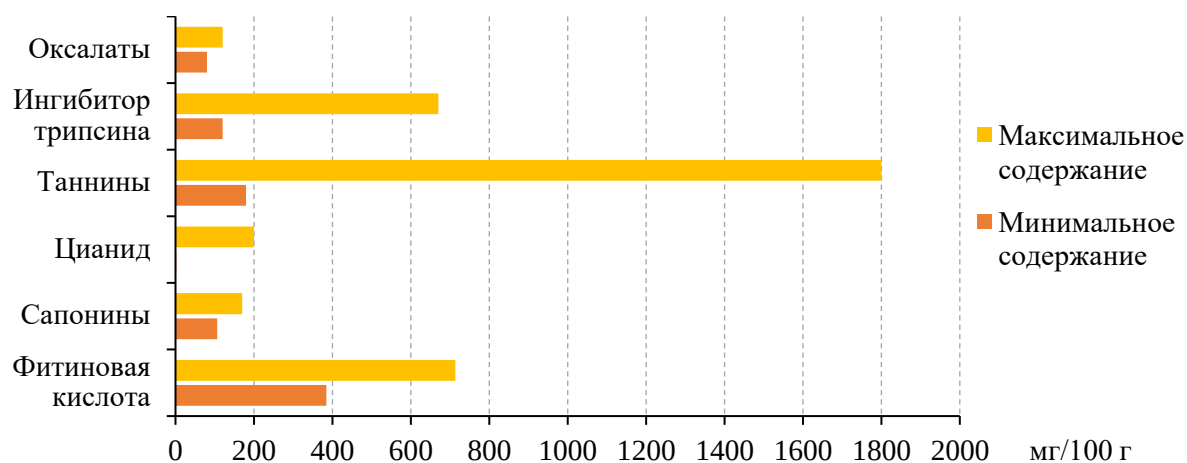


Рисунок 34 – Диапазон содержания антипитательных компонентов в бобовых (сое, чечевице, нуте, горохе, фасоли)

Антипитательные вещества, такие как сапонины, раффиноза, ингибиторы ферментов, госсипол, глюкозинолаты и фитиновая кислота, играют важную роль в метаболизме и росте растений благодаря регулирующей деятельности, такой как устойчивость к биотическим и абиотическим стрессам. Относительно живого организма антипитательные вещества в определенных концентрациях могут быть полезны для организма, а в избы-

точных количествах – токсичны. Общая информация по составу и действию на организм основных веществ-ингибиторов представлена в таблице 11.

Таблица 11 – Антипитательные вещества, содержащиеся в бобовом сырье

Антипитательное вещество	Химическое строение	Воздействие на организм
Ингибиторы протеолитических ферментов	Водорастворимый белок (ингибиторы Кунитца; ингибиторы Баумана – Кирк)	Образуют устойчивые соединения с ферментами, разрушающими белки до аминокислот
Фитиновая кислота	Сложный эфир циклического шестиатомного полиспирта миоинозитола и шести остатков ортофосфорной кислоты	В пищеварительном тракте человека нет ферментов для переваривания фитиновой кислоты. Попадая в желудочно-кишечный тракт, этот антинутриент ухудшает усвоение железа, цинка, кальция, фосфора и других минералов из того продукта, вместе с которым поступает
Стахиоза	Тетрасахарид, состоящий из двух остатков галактозы, одного глюкозы и одного фруктозы	Не усваиваются в тонком кишечнике полностью, что приводит к повышенному газообразованию
Раффиноза	Трисахарид, состоящий из остатков D-галактозы, D-глюкозы и D-фруктозы	
Лектины	Гликопротеины	Повышают проницаемость стенок кишечника и повреждают его внутреннюю оболочку. Нарушают переваривание пищи и ухудшают усвоение питательных веществ. подавляют действие мальтазы и аминопептидазы
Сапонины	Сложные органические соединения из гликозидов растительного происхождения. Представляют собой вторичные метаболиты, присутствующие в форме тритерпеноидов	Снижают всасывание витаминов и минеральных веществ; образуют комплексы с различными стеролами, которые имеют сходную структуру с жирорастворимыми витаминами, что может препятствовать активности и абсорбции стеролов. Токсичны в больших концентрациях (более 150 мг/кг)
Дубильные вещества	Растворимые органические вещества ароматического ряда	Затрудняют переваривание белка, переводя его в нерастворимую фракцию, а также ингибирует пищеварительные ферменты
Оксалаты	Соли и эфиры щавелевой кислоты	Может препятствовать усвоению кальция; риски увеличения образования кальциевых камней в почках

Существующие технические решения и особенности получения продуктов переработки сои можно условно выделить в отдельную группу, поскольку содержание жира в сое значительно выше, чем в остальных бобовых культурах (см. рисунок 33), и в боль-

шинстве источников, отражающих статистику производства сырья в мире, она учитывается в первую очередь как масленичная культура. Именно этим обусловлена широкая популярность возделывания сои, наличие достаточного количества генно-модифицированных сортов и широчайший спектр как ее промышленного использования, так и получаемых в ходе ее переработки продуктов: молоко, соевый творог, соевый соус и масло, соевые сухие сливки, соевый майонез, йогурт, кефир, сыр тофу и окара, мисо-паста, а из структурированной сои или с добавлением соевого белка – вареная и копченая колбаса, гуляш, шницель, бефстроганов, котлеты, сосиски и сардельки.

Среди остальных бобовых наибольший интерес как относительно новый вид растительного белка привлекает горох, популярный с точки зрения пищевого промышленного использования. Так, несмотря на перспективность возделывания таких высокобелковых культур, как люпин, горох стабильно последние десятилетия занимает ведущее место среди всех отечественных возделываемых бобовых культур и является одной из пяти ключевых экспортных позиций. В 2024 г. в России собрано 3,8 млн т гороха, а в 2025 г., по оценкам Института конъюнктуры аграрного рынка (ИКАР), производство бобовых в России составит 6,8 млн т, из них 4,7 млн т – горох. Посевные площади под зернобобовые в 2025 г. эксперты оценивают в 4,2 млн га, из них 2,4 млн га заняты горохом. Это наибольший показатель с 1993 г. Кроме того, горох содержит достаточно полноценный комплекс аминокислот, включая наиболее редкие для растительного сырья незаменимые аминокислоты (лизин, треонин и серосодержащие цистеин и метионин) (см. рисунок 32), что формирует его потенциальную перспективность и с позиций биологической ценности.

Для комплексной оценки бобового сырья как источника растительного белка необходимо осуществить многофакторное сравнение БСППБС с другими альтернативами. В настоящее время в научной литературе получил распространение РВ-анализ (РВА, анализ рисков и выгод; risk–benefit assessment, RBA), основанный на существующих рисках и преимуществах для человека, особенно с позиций здоровья (рисунок 35).

РВ-анализ пищевых продуктов – это многоэтапная структура, интегрирующая оценку рисков (потенциального ущерба) и выгод (потенциальной пользы) с целью комплексного анализа воздействия конкретных продуктов или компонентов на здоровье населения, что позволяет вырабатывать сбалансированные и обоснованные рекомендации по его потреблению. В общем виде РВ-анализ предполагает последовательное выполнение семи этапов (рисунок 36).

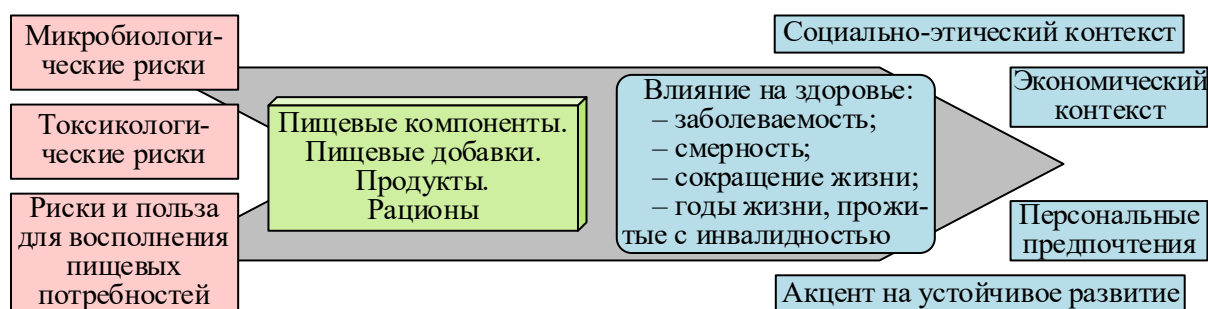


Рисунок 35 – Оценка существующих рисков и преимуществ для человека на основе РВ-анализа

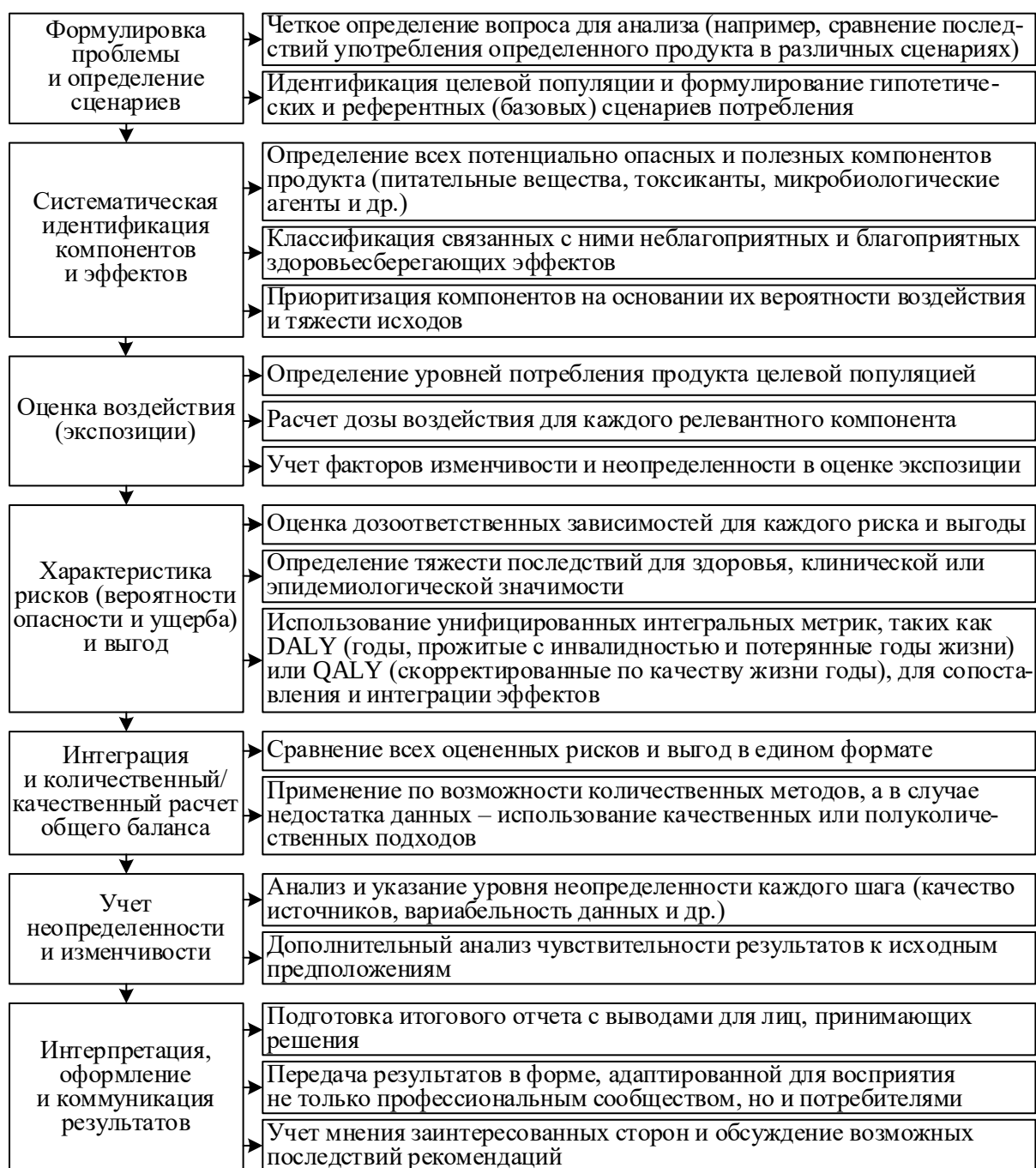


Рисунок 36 – Основные этапы РВ-анализа

Для анализа пищевых источников белка с позиций оценки сопровождающих рисков и преимуществ для здоровья человека и устойчивости продовольственных систем указанный подход был модифицирован, что позволило разработать гармонизированную методологическую основу РВ-анализа (рисунок 37), агрегирующую оценки с позиций не только здоровья человека, но и устойчивости продовольственных систем.

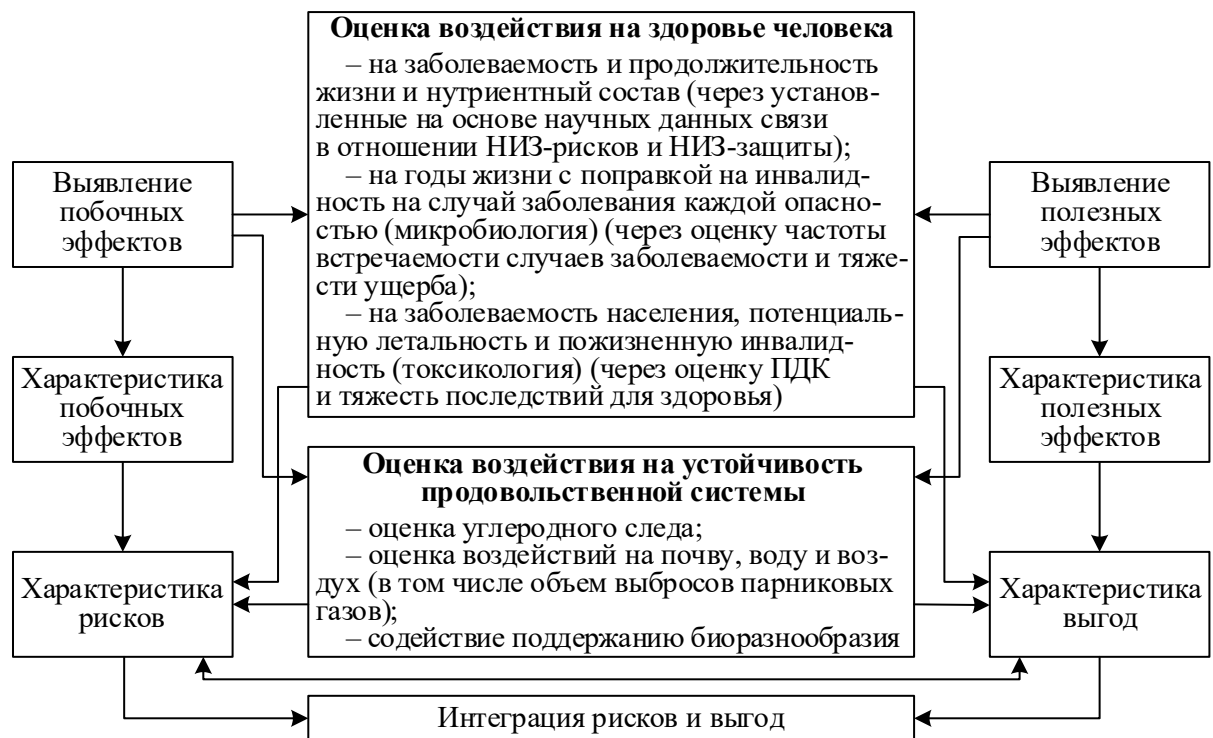


Рисунок 37 – Гармонизированная методологическая основа РВ-анализа

Для оценки компонентов РВ-анализа была принята следующая логика их выбора и аргументации выводов:

- нутриентная плотность и микробиологический компонент – риски и выгоды возникновения последствий для здоровья на основе учета наличия и количества компонента в пищевом продукте, а также влияния технологической обработки на соответствующий компонент;
- риски и выгоды токсикологической компоненты, рассматривались по наличию и воздействию относительно референтных доз;
- риски и выгоды для устойчивости продовольственной системы рассматривались с точки зрения влияния на климат и экосистему (таблица 12).

Таблица 12 – РВ-анализ белка из альтернативных и нетрадиционных источников

Компонент			Говядина	Мука из сверчков	Клеточное мясо	Одноклеточные	БСППБС
Компоненты, влияющие на здоровье человека	Нутриентные	Минеральные вещества	K, Na, Ca, Mg, P, Fe	Fe, Zn, K, Na, Ca, Cl, Cr, Cu, I, Mg	K, Na, Ca, Mg, P, Fe	–	Ca, Mg, P, K, Na, Cu, Fe, Zn
		Витамины	B1, PP	B1, B2, B6, B12	B1, PP	B12, B1	A, D, E, K, C, B1, B2, B6, PP, B12
		Белок, %	17–20	48–60	17–20	72–83	53–95
		Антипитательные вещества	Холестерин	Хитин	Холестерин	Нуклеиновые кислоты	Трипсин, фитиновая кислота, сапонины, оксалаты
	Микробиологические	Бактерии	<i>B. cereus</i> , <i>Campylobacter</i> spp., <i>C. perfringens</i> , <i>Cronobacter sakazakii</i> , ЕНЕС, <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Salmonella</i> , <i>S. aureus</i> , <i>Yersinia enterocolitica</i>	<i>B. cereus</i> , <i>Campylobacter</i> spp., <i>C. botulinum</i> , <i>C. perfringens</i> , <i>Cronobacter sakazakii</i> , ЕНЕС, <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Salmonella</i> , <i>S. aureus</i> , <i>Vibrio</i> sp., <i>Yersinia enterocolitica</i>	<i>Escherichia</i> (<i>E. coli</i>), <i>Citrobacter</i> (<i>C. freundii</i>), <i>Klebsiella</i> , <i>Enterobacter</i> , <i>Proteus</i> , <i>Salmonella</i> , <i>E. cloacae</i> , <i>E. aerogenes</i> , <i>E. liquifaciens</i> , <i>P. vulgaris</i> , <i>P. mirabilis</i>		<i>S. aureus</i> , <i>B. cereus</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Salmonella</i> , <i>Yersinia enterocolitica</i>
		Дрожжи, плесени	–	–	–	–	+
		Вирусы	Вирус гепатита Е, норовирус, ротавирус	НВА, норовирус	–	–	Бромовирус
		Метаболиты	–	Гистамин	–	–	–
		Паразиты	<i>Cryptosporidium</i> spp. (veals), <i>Toxoplasma gondii</i>	–	–	–	–
	Токсикологические	Стойкие органические загрязнители	Общие ПХБ, диоксин + dl-ПХБ, хлорорганические соединения (хлордан, гексахлорбензол, дильдрин, линдан, ДДТ)	Общие ПХБ, фосфорные антипирены, оксихлордан, полибромированный дифенил, эфиры	–	–	Общие ПХБ
		Основные риски	–	–	Мутагенность зародышевых клеток, канцерогенность, репродуктивная токсикология		–

Продолжение таблицы 12

Компонент			Говядина	Мука из сверчков	Клеточное мясо	Одноклеточные	БСППБС
		Тяжелые металлы	Pb, Cd, As, Hg, Al, Ni, Cr	Pb, Cd, As, Hg, Al, Ni, Cr	–	–	Pb, Cd, As, Hg
		Пестициды	+	+	–	–	+
		Технологические за- грязнители	+	–	–	–	–
Компоненты, влияющие на устойчивость продоволь- ственной системы			Выбросы – 24,84 CO ₂ экв/кг про- дукта	Насекомые могут питаться органическими отходами; требуется меньше земли и воды по сравнению с говя- диной; выброс парниковых газов в 10–100 раз меньше, воды – в 10 000 раз меньше	По сравнению с го- вядиной меньше вы- бросы парниковых газов – на 92 %, за- грязнения – на 93 %; требуется меньше земли – до 95 %, воды – на 78 %	Могут образовываться вещества с острой или хрони- ческой водной ток- сичностью	Выбросы – 0,03 CO ₂ экв/кг продукта. Обогащают почву азотом, способ- ствуют циркуляции почвенных питатель- ных веществ и удер- жанию воды

По результатам РВ-анализа можно сделать вывод, что БСППБС являются одним из наиболее перспективных источников белка с позиций сохранения устойчивости продовольственных систем.

В отношении пользы для здоровья ППБС имеют значительный потенциал, сопровождаемый высокой этической и социально-культурной приемлемостью, а также экономической доступностью. Микробиологические риски низкие, а нутриентная плотность достаточно высока. В то же время можно выделить угрозы для здоровья, связанные с неполноценностью белка ввиду низкого содержания серосодержащих аминокислот и наличия в составе БСППБС антипитательных факторов, ухудшающих усвоение имеющихся нутриентных компонентов.

Для более подробной оценки возможностей снижения или исключения выявленных рисков необходимо провести анализ современных технологий производства и модификации белковосодержащих продуктов переработки бобового сырья.

4.3 Анализ современных технологий производства и модификации белковосодержащих продуктов переработки бобового сырья

Современные технологические решения в сфере разделения белково-углеводно-жировых фракций бобового сырья, подходы к концентрированию, изолированию и экстрагированию содержащихся в его составе белков определяют в последующем широту и глубину ассортимента белковосодержащих продуктов переработки бобового сырья (БСППБС), а также перспективы и особенности их введения в пищевые матрицы.

С учетом ранее проведенного анализа в отношении распределения в валовых сборах отдельных бобовых культур, с учетом глобальных тенденций на рынке бобовых и отечественных реалий целевых инвестиций в инновационные пищевые производства [161] вопрос изучения технологий производства и модификации бобового сырья раскрывается в исследовании на примере гороха.

Гороховый белок является одним из немногих коммерчески доступных растительных белков, которые все чаще применяются в промышленности благодаря своей экономической эффективности, физической доступности, высокой пищевой и биологической

ценности, функциональности и тому, что он не является генетически модифицированным организмом, не содержит глютена и имеет низкую аллергенность. На современном мировом рынке гороховый белок представлен в формах гороховой муки, концентратов, изолятов, экструдатов и гидролизатов горохового белка. Независимо от итоговой формы семена гороха перед переработкой подвергаются предварительной подготовке, включающей очистку, сушку, сортировку, шелушение и измельчение.

Полученные из анализа открытых источников научной литературы данные позволили выделить следующие традиционные методы, применяемые для экстрагирования белка гороха (таблица 13): экстрагирование методом сухого фракционирования; влажная экстракция (щелочная); солевая экстракция (мицеллизация) [184; 191].

Таблица 13 – Методы экстракции

Название метода	Суть метода	Основные этапы	Выход белка, %
Сухое фракционирование (воздушная классификация)	Принцип заключается в разделении муки на частицы различного размера и химического состава после помола. Сухая экстракция состоит из измельчения с последующим фракционированием частиц муки на такие составляющие, как крахмал, клетчатка или белок. Воздушная классификация гороховой муки осуществляется в спиральном воздушном потоке разделяя измельченный продукт на легкую мелкую фракцию, содержащую концентрат белка и тяжелую грубую фракцию – крахмал	Измельчение, в том числе валиковое, молотковое, каменное, штифтовое и струйное, и последующее воздушное фракционирование. После измельчения некоторая часть крахмала остается прикрепленной к белковой матрице, а некоторые белковые соединения все еще соединены с крахмальными гранулами. Разделение белка и крахмала можно улучшить, повторяя методы воздушной классификации и измельчения	50–77
Щелочная экстракция (изоэлектрическое осаждение)	Наиболее часто используемый традиционный метод получения изолятов белков гороха (высококонцентрированных белковых фракций), основанный на использовании высокой растворимости белков в щелочных условиях. В то же время минимальная растворимость проявляется в их изоэлектрической точке (pI) в районе pH 4–5 и использует те же свойства растворимости для вицилина и легумина. Щелочеподобные NaOH и KOH обычно используются для поддержания основного pH, разрывая дисульфидные связи в белке, что увеличивает извлечение белка и его выход	Обезжиренную муку растворяют в воде в процессе щелочной экстракции (изоэлектрического осаждения). Затем pH доводят до щелочного уровня с помощью NaOH или KOH и оставляют на 30–180 мин для максимизации растворимости белка. Затем температуру повышают до 50–60 °C, и смесь разделяют центрифугированием, затем собирают надосадочную жидкость и доводят до изоэлектрического значения pH. Осажденный белок собирают центрифугированием, затем промывают, нейтрализуют и сушат лиофилизацией	62–80

Продолжение таблицы 13

Название метода	Суть метода	Основные этапы	Выход белка, %
Солевая экстракция (мицеллизация)	Закljučается в явлениях всаливания и высаливания белков с последующим обессоливанием, что снижает ионную силу белковой среды. Метод вызывает осаждение белка путем добавления к холодной воде в соотношении от 1:3 до 1:10 (по объему) высокосолевого белкового экстракта. Разбавление белкового раствора заставляет солюбилизированные белки регулировать низкую ионную силу посредством серии реакций диссоциации с образованием низкомолекулярных агрегатов	Гороховую муку перемешивают в растворе соли в течение 10–60 мин с заданной ионной силой в соотношении 1:10 (по массе/объему). Нерастворимые вещества удаляют отстаиванием, сливом, просеиванием и центрифугированием. При достижении критической концентрации белка белковые агрегаты объединяются в виды со сравнительно низкой молекулярной массой, называемые мицеллами, осаждаемые из растворов. Чтобы максимизировать образование мицелл, разбавленный раствор отстаивают. Затем осажденный белок можно извлечь центрифугированием, промыванием и распылительной сушкой	68–75

Следует отметить, что несмотря на распространенность описанных традиционных методов экстрагирования и их реализацию не только в лабораторных условиях, но и на производстве, экстремальные условия экстракции, такие как высокая температура или высокая щелочность, могут влиять на термические, конформационные и функционально-технологические свойства белковых фракций, снижая их пищевую ценность и разрушая их биологически активные соединения. Поэтому современные исследования сосредоточены на поиске нетермических экологически чистых технологий, базирующихся на экоинновационных подходах. Такие инновационные методы не только не токсичны для природы и человека, но и могут повысить выход белка, улучшить питательные и ФТС выделяемого белка, а также раскрыть его потенциал в качестве источника биоактивных пептидов. В качестве прорывных технологий экстрагирования, применяемых при работе с бобовым сырьем, активно изучаются возможности следующих методов:

– субкритическая водная экстракция (SWE) – метод, основанный на использовании горячей воды в диапазоне от нормальной температуры кипения (100 °C) до критической температуры (374 °C) при использовании высокого давления для поддержания воды в жидком состоянии при этих температурах (обычно 220–230 бар);

– ферментативно-ассистированная экстракция (EAE) – «зеленая» технология, основанная на действии ферментов, разрушающих основные компоненты клеточной

стенки, таких как целлюлоза, гемицеллюлоза и (или) пектины, что приводит к разрушению стенки и высвобождению клеточных белков;

- микроволновая экстракция (МАЕ) – новый метод разрушения клеток, в котором используются электромагнитные волны с частотой от 300 МГц до 300 ГГц;

- методы, основанные на применении сверхкритической экстракции диоксидом углерода ($SC\text{--}CO_2$), – это технология разделения, в которой для экстракции используется сверхкритический жидкий растворитель. В настоящее время доступно несколько технологий $SC\text{--}CO_2$ для формирования частиц, капсулирования и сушки широкого спектра материалов.

В отношении фракционирования можно отметить следующее: в отдельных источниках оно рассматривается как вариант, совмещенный с процессом экстрагирования белка, а в других – как отдельный метод переработки. В этом случае разделение высоко- и низкомолекулярных белков осуществляется через систему фильтров.

Вопрос фракционирования представляет значительный интерес для дальнейшего создания пищевых продуктов, поскольку от того, какая фракция преимущественно присутствует в выделенном продукте переработки и разделения горохового белка, зависят его функционально-технологические характеристики и возможность целевого использования. Поэтому целесообразно разделять различные фракции растительного белка для конкретного применения или с целью получить белковые ингредиенты, обогащенные отдельными фракциями, чтобы потом в различных пропорциях использовать для достижения целевых функционально-технологических задач.

Фракционирование растительных белков осуществляется на основе молекулярных характеристик отдельных фракций. Белки семян гороха состоят из основных глобулинов (65–80 %), альбуминов, проламинов и глютелинов. Глобулярные белки состоят из полипептидных цепей, которые сворачиваются в плотно упакованную форму благодаря гидрофобным эффектам, водородным связям, электростатическим силам, силам Ван-дер-Ваальса и дисульфидным связям. Структуры проламинов и глютелинов сходны по соотношению пролина и глутамина и аминокислотным последовательностям, но различаются по молярной массе, а также внутри- и межмолекулярной структуре. Альбумины и глобулины преимущественно присутствуют во всех зернобобовых (более 50 %), при этом в гороховом белке на долю глобулинов приходится 65–80 %. В свою очередь, глобулины состоят из трех разных белков: легумина, вицилина и конвицилина. Глобулярные белки дей-

ствуют как хорошие эмульгаторы и пенообразователи благодаря неполярным участкам на их поверхности, которые способствуют адсорбции на границах раздела масло–вода или воздух–вода. Глобулярные белки также можно использовать в качестве гелеобразующих агентов, поскольку при нагревании они разворачиваются, открывая неполярные и сульфгидрильные группы для окружающей водной фазы, вызывая агрегацию посредством образования гидрофобных и дисульфидных связей.

Альбумин представляет собой водорастворимый белок, на долю которого приходится 18–25 % от общего белка в семенах гороха. В семенах гороха различают два альбумина: один с небольшой молекулярной массой (6 кДа), который содержит 53 аминокислоты, и второй с более низкой молекулярной массой (4 кДа), содержащий 37 аминокислот. Альбумины гороха имеют более низкие общие эмульгирующие свойства, чем глобулины, из-за низкой молекулярной гибкости и гидрофобности. Соотношение глобулина и альбумина в продуктах переработки горохового белка варьируется в зависимости от генетических вариантов и условий обработки, которые далее влияют на их физико-химические и функционально-технологические свойства.

Проламины представлены в семенах гороха в небольшом количестве (4–5 %) растворимы только в растворах крепкого спирта (70–80 %), легких кислот и щелочей, при нагревании проламин не коагулирует, а гидролизуется до пролина и аммиака. Глютелин, нерастворимый белок, обнаруженный в незначительном количестве в семенах гороха (3–4 %) является основным компонентом белкового композита, такого как глютен, растворим в разбавленных кислотах или основаниях, и богат гидрофобными аминокислотами, такими как фенилаланин, валин, тирозин и пролин (рисунок 38).

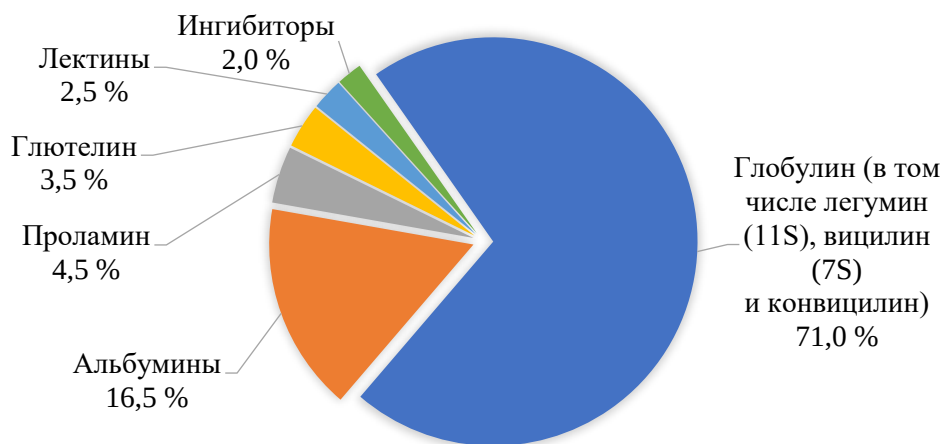


Рисунок 38 – Основные фракции белка гороха

Альбумины, глобулины, глютелины и проламины могут образовывать изотропные (например, йогуртоподобные) или анизотропные (например, волокнистые структуры) гели, но в большинстве случаев для этого они требуют физических, химических или ферментативных модификаций.

Под модификацией в работе понимается процесс трансформации молекулярной структуры или химических групп белка с целью улучшения функциональных свойств конкретными методами, что позволяет обеспечить способность растительных белков выступать в качестве многофункциональных компонентов пищевых систем. В общем виде применяемые для модификации методы делятся на химические, физические и биологические, описание их сути и достигаемых эффектов приведено в таблице 14.

Таблица 14 – Методы модификации для улучшения функциональных свойств горохового белка

Название метода	Суть метода	Основные изменения функциональных характеристик
Физические методы		
Термическая обработка	Термическая обработка белков гороха для модификации предполагает воздействие от 30 мин и температуре от 95 °С. Высокотемпературная обработка вызывает необратимые изменения в структурах белков, в том числе гидрофобных, дисульфидных и электростатических связей, что приводит к снижению растворимости из-за агрегации и осаждения белков	Увеличивается способность белка к эмульгированию, но снижаются пенообразующие свойства
Использование высокого гидростатического давления (high hydrostatic pressure, ННР; high-pressure processing, НРР)	Обработка высоким давлением – совокупность методов нетермической обработки, при которых пищевые продукты подвергаются воздействию высокого гидростатического давления (100–800 МПа) и выдерживаются в течение определенного времени (3–5 мин). Процессы ННР и НРР помогают улучшить гидрофобность белка при снижении растворимости из-за его способности обнажать скрытые сульфгидрильные группы после разворачивания белка, денатурации с последующей агрегацией и коагуляцией, что и улучшает его ФТС	Давление выше 300 МПа вызывает необратимую денатурацию и агрегацию и может привести к превращению одной вторичной структуры в другую. Изменения структуры белка трансформирует его ФТС, такие как растворимость, водоудерживающая способность, склонность к эмульгированию и пенообразованию, а также образованию гелей
Гомогенизация под высоким давлением (high-pressure homogenization, НРН)	Технология, которая обеспечивает однородное распределение частиц по размерам, взвешенных в жидкости, путем пропускания через узкое отверстие или клапан. Механические силы НРН приводят к кавитации и фрагментации макромолекул за счет уменьшения размера частиц растительных белков	Увеличивается растворимость белка, а также повышаются эмульгирующие и пенообразующие свойства из-за уменьшения размера частиц

Продолжение таблицы 14

Название метода	Суть метода	Основные изменения функциональных характеристик
Экструзия	Процесс, при котором материал при различных условиях смешивания, нагрева и сдвига пропускается через матрицу, предназначенную для формирования или сушки ингредиентов. Путем сочетания механического сдвига, давления и тепла ингредиенты последовательно смешиваются, а высокие механические напряжения создаются большим вращающимся шнеком при высокой температуре (90–200 °C) и давлении (1,5–30,0 МПа)	Экструзия заставляет белковые молекулы разворачиваться, денатурировать и перестраиваться, что не только улучшает их ФТС, но и формирует текстуру, поэтому широко используется для текстурирования растительных белков
Ультразвуковая обработка (sonication, ultrasound processing)	Нетермическая «зеленая» технология, которая может изменять конформацию и структуру белка за счет разрушения нековалентных связей. Применяется звуковая энергия чрезвычайно высоких частот (более 20 кГц) для разрушения крупных частиц в растворе посредством физической вибрации с использованием либо ультразвукового зонда (например, ультразвукового аппарата) либо ультразвуковой ванны	В процессе разрушается вторичная структура белка, а также частично денатурирует третичная и четвертичная структуру белка без каких-либо изменений первичной структуры, что эффективно улучшает растворимость, пенообразующие свойства и эмульгирующую активность
Обработка холодной атмосферной плазмой (cold atmospheric plasma processing, CAPP)	Метод основан на применении холодной плазмы – четвертого состояния вещества и осуществляется путем слияния источников тепловой, механической, ядерной и электрической энергии в широком диапазоне температур и давлений, что вызывает разрыв химических связей или инициирование химических изменений. Используется для улучшения функциональных свойств и уменьшения размера молекул и агрегатов растительных белков	Улучшает растворимость, эмульгирующую и водоудерживающую способность, улучшает гелеобразующие свойства горохового белка, позволяя ему образовывать гели при нагревании ниже 90 °C
Химические методы		
Гликирование	Метод представляет собой неферментативную реакцию гликозилирования, приводящую к изменению функциональных возможностей белка и не требующую экзогенных химических веществ. Гликирование может быть достигнуто химически посредством реакций Майяра или может быть получено с помощью ферментов сшивания, таких как трансглутаминаза или лакказы. Гликирование растительных белков может осуществляться методами нагревания в сухом или влажном состоянии	Связь между структурой гликированных белков гороха и их функциональностью четко не установлена, но имеются исследования, подтверждающие увеличение пенообразующей способности и стабильности пены

Продолжение таблицы 14

Название метода	Суть метода	Основные изменения функциональных характеристик
Ацилирование (сукцинилирование)	Ацилирование – это добавление ацильной группы к белку с помощью ацилангидридов и галогенидов. В случае ацилирования добавляется уксусный ангидрид. Сукцинилирование проводят добавлением янтарного ангидрида, при этом сукцинильные группы встраиваются в белок. В результате этой реакции в остатках лизина происходит смена заряда с положительного на отрицательный	При ацилировании обнажаются гидрофильные группы, и, следовательно, улучшая растворимость. Влияние сукцинилирования на вторичную структуру помогает улучшить растворимость, пенообразующие свойства, стабильность эмульсии и водоудерживающую способность горохового белка
Деамидирование	Процесс превращения амидных групп остатков глутамина и аспарагина в карбоксильные группы за счет увеличения отрицательного заряда белка. Поскольку при деамидировании процесс можно проводить в мягких условиях и без использования каких-либо дополнительных молекул, то этот метод модификации белка в пищевых системах считается безопасным. Деаминирование можно проводить различными способами, такими как обработка щелочью, кислотой, ферментативная обработка (протеин-глутаминаза) и обработка катионообменной смолой	Улучшает растворимость и ФТС свойства горохового белка, уменьшает неприятный бобовый вкус, горечь и комковатость
Биологические методы		
Ферментация	Для ферментации растительных белков используются различные закваски, такие как молочнокислые бактерии, дрожжи, плесени и штаммы палочек, среди которых наиболее распространены молочнокислые бактерии	Ферментация помогает улучшить растворимость белка, водо- и жирудерживающую способность, а также формовочные и питательные свойства, усвояемость горохового белка
Ферментативный гидролиз	Проводится путем каталитической реакции между протеолитическими ферментами и белковыми субстратами, которая приводит к разрыву пептидных связей и расщеплению субстрата на короткоцепочечные пептиды и аминокислоты с более низкой молекулярной массой	Поскольку снижается молекулярная масса, увеличивается количество ионизируемых групп и обнажаются гидрофобные группы, скрытые в ядре белка, потенциально улучшается растворимость, гидрофобность, эмульгирующие и пенообразующие свойства белка
Ферментативное сшивание	Достигается за счет образования ковалентных связей с помощью трансглутаминазы, катализируя реакцию ацильного переноса между γ -карбоксамидной группой связанного с белком глутамина и ϵ -аминогруппой лизина	В общем случае добавление трансглутаминазы способствует сшиванию белковых молекул и повышению способности к гелеобразованию. Обработка микробной трансглутаминазой (MTG) фракции альбумина и глобулина горохового белка дала разные результаты, например, невозможность гелеобразования фракции альбумина

Для придания растительным белкам лучших функциональных характеристик существует ряд других методов химической модификации, объединенных термином «дери-ватизация», включающих реакции с химическими агентами и модификацию путем изме-нения рН и объединяющих такие процессы, как ацилирование, фосфорилирование, эте-рификация и дезаминирование. Однако применение этих методов в пищевом секторе се-рьезно ограничено из-за использования многих опасных химикатов и, как следствие, не-известной достоверности потребления модифицированных белков или их побочных про-дуктов, поэтому для детального рассмотрения нами был выделен только метод, имеющий практическое применение, – ацилирование/сукцинилирование.

Анализ существующих методов модификации растительного белка позволяет отме-тить, что для расширения возможностей использования белковых продуктов на основе бо-бового сырья с целью введения их в пищевые матрицы целесообразно использовать сле-дующие методы улучшения их ФТС (рисунок 39).

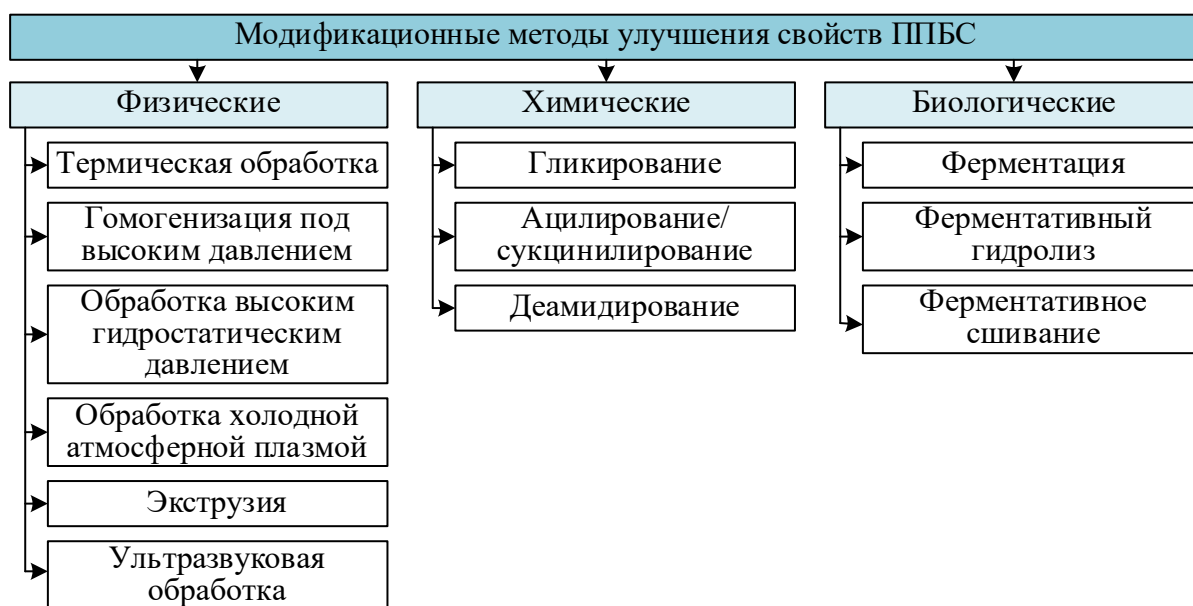


Рисунок 39 – Модификационные методы улучшения свойств ППБС

Еще одну серьезную проблему при создании новых продуктов питания на основе бобовых культур представляют содержащиеся в продуктах антипитательные вещества, из-за которых белок из бобового сырья усваиваются всего на 62–80 %. Другими значи-мыми факторами, оказывающими влияние на усвоение белковой составляющей бобовых культур, являются особенности белковой структуры молекулы, уровень ее растворимо-сти, проницаемость клеточных стенок и семенной оболочки и др.

Антипитательные вещества (ингибиторы ферментов, сапонины, фитиновая кислота и пр.) в значительной мере ограничивают потенциальное использование бобовых в целом и гороха, в частности. В связи с этим существует целый спектр подходов, позволяющих минимизировать содержание антинутриентов [186; 298]. Так, повысить пищевую ценность ППБС возможно, используя следующие способы:

- выведение новых сортов культур;
- физические и химические методы (замачивание, автоклавирование, давление, экструзия, варка, жарка, проращивание, ферментация и др.);
- изолирование растительного белка (производство концентратов и изолятов).

На этапе выращивания бобовых культур состав почвы, применение удобрений и другие эдафические факторы наряду с сортовыми особенностями предопределяют пищевую и биологическую ценность растений. В сельскохозяйственной практике с этими целями также активно применяются методы РНК-интерференции и редактирования генов.

Благодаря тому, что многие антинутриенты растворимы в воде и чувствительны к температуре, их количеством можно управлять на основе различных технологических манипуляций (таблица 15).

Таблица 15 – Способы снижения антипитательных свойств растительного сырья

Способ технологической обработки растительного сырья	Эффект технологической обработки
Замачивание	Уменьшение времени варки
	Улучшение органолептических показателей качества готовых продуктов после термической обработки
	Уменьшение содержания олигосахаридов, таннинов, трипсина, сапонинов, оксалатов и фитиновой кислоты
Экструзия	Уменьшение трипсина, химотрипсина, ингибиторов α -амилазы и снижение активности гемагглютинаина
Автоклавирование	Снижение содержания таннина, фитиновой кислоты, олигосахаридов
	Уменьшение времени варки
	Улучшение органолептических показателей качества
Варка	Улучшение абсорбции и усвояемости железа
	Уменьшение содержания сапонинов, таннина, фитатов, оксалатов, ингибиторов трипсина, стахиозы и раффинозы
Жарка	Снижение активности ингибиторов трипсина, содержание фитиновой кислоты, таннинов
Воздействие микроволнами	Снижение содержания оксалатов при сохранении прочих биологически активных компонентов, уменьшение доли фитиновой кислоты, дубильных веществ

Результативным способом уменьшения антипитательных компонентов растительного сырья является метод проращивания, обеспечивающий переход из состояния покоя к росту зародыша, при котором происходит модификация химической структуры веществ. Однако необходимо учитывать, что ввиду специфического строения каждой культуры процесс проращивания будет давать индивидуальный результат в зависимости от сортовых особенностей культуры и параметров проращивания.

Обобщение технологических решений, направленных на повышение усвояемости бобового сырья и снижение влияния антипитательных веществ физическими и химическими методами приведено на рисунке 40.



Рисунок 40 – Технологии снижения влияния антипитательных факторов ППБС

Доля разрушения антипитательных веществ зависит от ряда параметров. С одной стороны, оказывают влияние сортовые особенности сырья, в том числе морфологическое строение тканей, особенности химического состава культуры, с другой – параметры технологической обработки (вид, время, продолжительность). Наиболее эффективными методами борьбы с антипитательными веществами являются автоклавирование и варка, а также комбинирование различных видов обработки. В то же время применение технологических методов наряду с уменьшением содержания антипитательных веществ зачастую приводит к снижению пищевой ценности компонентов – например, лабильного к технологическим воздействиям витамина С. В связи с этим наибольший интерес представляют способы снижения содержания антинутриентов с минимальным временем воздействия, в щадящем диапазоне температур (СВЧ-обработка) или максимально близкие к естественным биологическим процессам (ферментирование).

В заключение раздела следует отметить, что анализ современных технологий производства пищевых продуктов на основе переработки бобового сырья показал, что при получении концентрированной белковой фракции распространены как традиционные –

сухое фракционирование (воздушная классификация), щелочная экстракция (изоэлектрическое осаждение) и солевая экстракция (мицеллизация), так и инновационные методы – основанные на применении сверхкритической экстракции диоксидом углерода, субкритическая водная, ферментативно-ассистированная и микроволновая экстракция. В то же время способ экстрагирования непосредственно влияет на термические, конформационные и функционально-технологические свойства белковых фракций, пищевую ценность и содержание как биологически активных соединений, так и антипитательных факторов.

В зависимости от производственного контекста фракционирование растительных белков осуществляется на основе молекулярных характеристик его отдельных фракций – глобулиновой, альбуминовой, глютелиновой и проламиновой, и может совмещаться с экстрагированием белка или рассматриваться как отдельный метод переработки, когда разделение высоко- и низкомолекулярных белков происходит через систему фильтров. Различные фракции растительного бобового белка используются для достижения целевых функционально-технологических задач.

Анализ имеющихся подходов к технологиям экстрагирования, фракционирования и модификации белковых концентратов и изолятов, полученных на основе бобовых, в том числе гороха, позволяют говорить, что их ФТС в значительной степени зависят от методов, используемых для их производства, изначальных физико-химических свойств (например, аминокислотного профиля, структуры, конформации, заряда, гидрофобности, размера и др.) и уровня происходящих изменений белковой структуры в целом и отдельных фракций в частности. Неодинаковая степень влияния различных методов обработки на ФТС белков значительно затрудняет сравнение характеристик бобовых белков в разных исследованиях и требует дополнительного исследования ФТС применительно к отечественным сортам гороха, а также полученным из него гороховой муки, концентратов и изолятов. Определенную проблему для сравнения также представляет отсутствие единых методик исследования и оценки качества и ФТС белковосодержащих продуктов переработки бобового сырья.

4.4 Разработка методологии проектирования пищевых систем на основе унифицированного подхода к оценке качества и функционально-технологических свойств белковосодержащих продуктов переработки бобового сырья

Использование БСППБС при проектировании новой пищевой продукции должно учитывать их специфические функционально-технологические, антиоксидантные, анти-микробные свойства, показатели пищевой и биологической ценности. В ряде работ выделяются способности БСППБС отвечать требованиям к ингредиентам при создании безглютеиновой и безлактозной продукции. Основными макрокомпонентами семян бобовых являются белок и клетчатка, что определяет возможность их дальнейшего производственного использования. Модификация белковых и углеводных структур осуществляется на основе единичного или комплексного влияния таких факторов, как давление, температура, воздействие ультразвука, ферментов, кислот, щелочей или солей (см. параграф 4.3).

Благодаря технологической многофункциональности (эмульгирующим, геле- и пенообразующим свойствам, а также жиро- и влагоудерживающей способности) наряду с сухими БСППБС с разной концентрацией белка особую популярность среди производных переработки бобовых получили концентраты и изоляты из бобового сырья.

На основе анализа научных публикаций были выделены наиболее значимые направления исследования качественных характеристик БСППБС, которые формируют обоснование потенциала их дальнейшего перспективного использования:

- исследование белкового, углеводного и жирнокислотного состава, содержания воды и золы;
- определение содержания витаминов, биологически активных и минеральных веществ;
- оценка содержания антипитательных веществ;
- определение общего количества и аминокислотного состава белка;
- изучение фракционного состава белка, распределение основных белковых фракций: альбумина, глобулина, проламина и глютелина; анализ белкового профиля на основе молекулярно-массового распределения,
- определение содержания свободных аминокислот;
- исследование температуры денатурации основных белковых компонентов.

Поскольку БСППБС выполняют роль сырьевого ингредиента или технологической добавки при производстве пищевых продуктов, для них вышеприведенный перечень качественных характеристик будет иметь неразрывную связь с номенклатурой потребительских свойств и показателей качества товаров. Идентификационные и органолептические характеристики, показатели физического состояния БСППБС объединяются в товароведную оценку, осуществляемую на основании регламентов; показатели химического состава БСППБС определяют их пищевую ценность и возможность использования в качестве функциональных пищевых ингредиентов.

При исследовании белковосодержащих пищевых продуктов наиболее распространены методики анализа, позволяющие определить не только общее содержание, но и аминокислотный состав и усвояемость белка. На основе получаемых данных становится возможным не только ранжировать белковые продукты, но и оценивать их физиологическую полноценность, а также обосновывать необходимые параметры и виды обработки, влияющие на модификацию белков и, как следствие, усвояемость аминокислот. Кроме того, белки бобовых представлены набором фракций с разной молекулярной массой, различающихся по физико-химическим и функциональным свойствам. Данные о соотношении отдельных белковых фракций позволяют прогнозировать технологические и сенсорные характеристики продуктов и ингредиентов (вкус, цвет, запах и пр.), получаемых в процессе переработки бобовых (например, растворимости, стабильности пены или эмульсии).

Особенности определения ФТС – основная проблема, встречающаяся в большинстве исследований данной тематики. Важно отметить, что в большинстве англоязычных работ понятия функциональных и функционально-технологических свойств не разделяются и часто используются как синонимы [330; 392; 401]. В отечественных исследованиях под функциональными свойствами чаще понимают способность пищевых веществ оказывать физиологическое воздействие на организм человека. В данном исследовании под функционально-технологическими свойствами БСППБС понимаются свойства, определяющие их использование в пищевом производстве и обеспечивающие определенные структурные, реологические, технологические и потребительские свойства получаемых на их основе продуктов. ФТС базируются на механизмах, определяющих их действие, включая свойства, связанные с гидратацией (растворимость, водо- и жиरोудерживающая способность), молекулярной структурой белка, степенью денатурации и реологическими характеристиками (гелеобразование и вязкость), а также поверхностными характеристиками (пенообразование, эмульгирующие свойства).

Данные системного анализа особенностей определения ФТС БСППБС, используемые в исследованиях показатели и методические подходы к их определению представлены в таблице 16. На основании проведенного анализа характеристик, изложенных в научной литературе [65; 192; 383; 509], в данном исследовании была разработана собственная унифицированная методика определения ФТС с усредненными параметрами значимых факторов, позволяющая получать корректные и сопоставимые результаты для последующей оценки образцов эксперимента.

В отношении гидролизатов, концентратов и изолятов, полученных на основе семян бобовых, необходимо обеспечить измерение и анализ свойств, характерных для вязкоупругих продуктов: прочность, эластичность, упругость, вязкость, ползучесть, пластичность, гелеобразующая способность, тиксотропия, максимальное напряжение сдвига. Комбинация групп методов для конкретного сырья дает обширную и ценную информацию о реологическом поведении исследуемых образцов. Однако изучение реологических характеристик осуществляется уже не столько на уровне отдельных БСППБС, сколько на уровне пищевых матриц с добавлением этого ингредиента. В связи с этим методики определения отдельных показателей качества опираются на стандартизированные подходы соответствующей продовольственной группы (например, фарши, соусы, тесто и пр.).

При определении качества у получаемых на основе БСППБС суспензий определяют такие специфические показатели, как степень набухания частиц, содержание растворенного белка, адгезионные и когезионные свойства частиц, их средние размеры и распределение по размерам, буферная емкость суспензий. При использовании БСППБС в пищевых матрицах в качестве структурообразователей, необходима комплексная оценка таких ФТС, как растворимость в водных средах, возможность образовывать суспензии и гели, стабилизировать эмульсии и пены, проявлять адгезионные свойства и др.

Обобщение аналитических практик позволяет систематизировать методы оценки показателей ФТС, используемые в разрозненных исследованиях, с разными значениями гидромодуля, скоростями центрифугирования или взбивания, температурными и временными диапазонами, используемых при проведении исследований отдельных свойств (например, растворимость, стабильность пены или эмульсии), pH среды (в исследованиях ГС). Кроме того, все указанные ФТС связаны с распределением молекулярных масс белков в образцах БСППБС, но эта информация пока не может быть подвергнута системному анализу на основе математической обработки, поскольку унифицированные методы оценки этих показателей отсутствуют.

Таблица 16 – Систематизация методик определения ФТС БППБС

Показатели измерения	Характеристика методик оценки ФТС, используемых в исследованиях	Унифицированная методика определения
Растворимость – свойство, используемое для измерения степени растворения одного соединения в другом или «соотношение белка, присутствующего в жидкой фазе, к белку, присутствующему как в жидкой, так и в твердой фазах в условиях термодинамического равновесия» [383]		
Коэффициент (индекс) растворимого азота (КРА) – определяют количество азота (в % от общего содержания). Коэффициент (индекс) диспергируемого белка (КДБ) количество белка (в % от общего содержания, перешедшего в раствор при контролируемых условиях растворения КРА и КДБ формируют профили растворимости белка [460; 509]	Для определения растворимости к навеске заданной массы приливают определенный объем воды в колбу (мл), которую встряхивают заданный период времени (мин) на механическом встряхивателе или мешалке при указанных параметрах температуры (°C). Полученную суспензию центрифугируют при контроле параметров (время (мин), число оборотов (об/мин)) и сливают в мерный объем. Осадок еще дважды экстрагируют водой. В полученном супернатанте определяют общее количество белка одним из традиционных способов [64; 65]. Используемые методики предусматривают измерение растворимости в воде гравиметрически при естественном pH (без корректировки) или измененном pH. Порошковые дисперсии подвергаются гидрообработке с заданными параметрами температуры и времени, с последующим охлаждением. После этого измеряют pH и центрифугируют дисперсии с контролем скорости и времени, по окончании чего супернатанты отбрасывают и еще трижды промывают осадки, затем центрифугируют и длительно сушат в термостате. Растворимость в этом случае рассчитывают по массе высушенного осадка и ее отношению к исходному порошку в пересчете на сухую массу	На аналитических весах берут навеску 2,4 г, приливают воду, чтобы получить 6 % раствор. Взвесь аккуратно перемешивают до однородности и затем периодически помешивают в течение 15 мин. При определении растворимости при комнатной температуре не проводят дополнительного нагревания. При определении растворимости в горячей воде процесс проводят на водяной бане при температуре 85 °C и далее охлаждают до комнатной температуры. Для отделения осадка проводят центрифугирование (15 мин; 5500 об/мин). Осадок промывается трижды водой с повторным центрифугированием. Супернатанты собираются, доводятся до 100 мл водой, проводится измерение pH. Супернатант и осадок сушатся при 105 °C до постоянной массы. Растворимость рассчитывается как отношение массы растворенных веществ к исходной массе абсолютно сухой навески

Продолжение таблицы 16

Показатели измерения	Характеристика методик оценки ФТС, используемых в исследованиях	Унифицированная методика определения
Водоудерживающая способность (ВУС) – способность удерживать в своем составе воду при контакте с ней. Связывание воды происходит посредством комбинации ион-дипольных, диполь-дипольных, диполь-индуцированных дипольных и гидрофобных взаимодействий		
Величина ВУС определяет максимальное количество добавленной воды в пересчете на 1 г белка (белковосодержащего продукта), при котором не наблюдалось отделения водной фазы в процессе испытания (может быть либо центрифугирование, либо контакт с впитывающим влагу основанием)	Основной метод оценки ВУС – центрифугирование. Связанная, удерживаемая или иммобилизованная вода захватывается белковым матриксом, а затем вытесняется силой центрифугирования или сжатия. Навеску образца помещают в мерную пробирку, добавляют заданный объем воды (мл) и перемешивают в гомогенизаторе в течение заданного времени (мин) и скорости (об/мин). После выдержки (T, мин) пробирку центрифугируют ((время (мин), число оборотов (об/мин)) [36; 46]. Для определения весовым методом пробирку взвешивают с белковосодержащим продуктом и водой. После удаления несвязанной воды центрифугированием взвешивают остаток в пробирке. Для определения ВУС объемным методом (%) измеряют общий объем смеси в пробирке и объем оставшейся воды	В пробирки берут по 1 г образца и добавляют 10 г воды, аккуратно помешивают в течение 30 мин, взвесь центрифугируют (15 мин; 5500 об/мин). Супернатант аккуратно сливают, осадок взвешивают. Для расчета ВУС используют формулу (1) (см. параграф 2.2): $\text{ВУС} = 100 \% \times (m_n - m_0) / m_n,$ где m_n – масса навески осадка после отделения супернатанта, г; m_0 – начальная масса навески сухого вещества
Жироудерживающая способность (ЖУС) – способность белков продуктов переработки бобовых удерживать масло при контакте с ним. Жир (масло) удерживается за счет физического захвата из-за гидрофобности белка посредством связывания алифатических липидных цепей с неполярными боковыми цепями аминокислот. В целом белки более высокой гидрофобности имеют тенденцию сильнее удерживать масла		
Величина ЖУС определяет максимальное количество масла, которое может быть поглощено на 1 г белка (белковосодержащего продукта), при котором не наблюдалось отделения водной фазы в процессе испытания (может быть либо центрифугирование, либо контакт с впитывающим влагу основанием)	Основной метод оценки ЖУС – центрифугирование. Навеску высокобелкового продукта помещают в мерную пробирку, добавляют заданный объем рафинированного подсолнечного масла (мл) установленной плотности (г/см³) и перемешивают в гомогенизаторе (время (мин), число оборотов (об/мин)). После экспозиции (мин) пробирку центрифугируют (время (мин), число оборотов (об/мин)).	Для ЖУС методика аналогична ВУС, но вместо воды используется растительное масло (1 г навески и 10 мл масла растительного). Далее центрифугируют (15 минут; 5500 об/мин). Надосадочную жидкость тщательно сливают, а оставшийся осадок взвешивается. Расчет ЖУС проводят по формуле (2) (см. параграф 2.2):

Продолжение таблицы 16

Показатели измерения	Характеристика методик оценки ФТС, используемых в исследованиях	Унифицированная методика определения
	Для определения ЖУС весовым методом (г/г) пробирку взвешивают с белковосодержащим продуктом и маслом и затем удаляют неадсорбированное масло центрифугированием, взвешивая оставшееся в пробирке содержимое. При определении ЖУС объемным методом (%) соотносят общий объем смеси в пробирке и объем оставшегося неадсорбированного масла (мл)	$\text{ЖУС} = 100 \% \times (m_n - m_0) / m_n,$ где m_n – масса навески осадка после отделения супернатанта, г; m_0 – начальная масса навески сухого вещества
Такие ФТС белковосодержащих продуктов переработки бобовых культур, как ВУС, ЖУС и влагосвязывающая способность зачастую оценивают не в чистом виде, а на основании проведения анализа пищевых матриц в которую их помещают. Для фаршей, фаршевых систем, мясных полуфабрикатов, колбасных изделий, колбасок и паштетов с введенными в состав белковыми растительными ингредиентами используют следующие методы: определение влагосвязывающей способности проводят методом прессования, ВУС – с помощью молочного жиромера, ЖУС – методом определения массовой доли жира в разрабатываемом продукте до и после термообработки [88; 97]		
Эмульгирующая способность (ЭС) – свойство соединения образовывать эмульсии, состоящие из двух жидкостей с различной растворимостью [367]. ЭС характеризует состояние агрегативной устойчивости масла в воде, определяемого за счет способности содержащегося белка и ПАВ формировать на поверхности дисперсных частиц прочный адсорбционный слой, выполняющего функцию структурно-механического барьера, препятствующего коалесценции капель масла.		
Эмульгирующие свойства белка оценивают и характеризуют различными величинами, такими как индекс эмульгирующей активности (EAI), индекс эмульгирующей стабильности (ESI), эмульгирующая (эмульсионная) способность, характеристическая эмульсионная активность, предел эмульгирования. Эмульсионная емкость белка характеризует максимальное количество эмульгированного масла к количеству белка (белковосодержащего продукта) в системе [506]	Для определения ЭС используют различные методы, включая турбидиметрию, измерение размера капель и проводимость. Для определения ЭС навеска исследуемого препарата, перемешанная с водой и маслом в равных объемах в центрифужной пробирке, подвергается гомогенизации/встряхиванию при контроле скорости, времени и pH. Затем содержимое пробирки центрифугируют при заданных параметрах скорости и времени. ЭС характеризуется процентным соотношением объемов, отделившихся от эмульсии водной и масляной фаз [5; 66].	Для исследования подготавливается раствор, который состоит из 3 г образца, 175 мл масла и 175 мл воды. Раствор взбивается при комнатной температуре в пробирке с помощью гомогенизатора (1 мин; 22000 об/мин). Из получившейся эмульсии быстро отбираются пробы по 20 мл. Для определения эмульгирующей активности (ЭА) при комнатной температуре пробы центрифугируют (5 мин; 5500 об/мин). Для определения эмульгирующей стабильности (ЭСст) при высокой температуре, пробы нагреваются на водной бане в течение 30 мин при 80 °С без перемешивания, остужаются 15 мин в проточной воде до комнатной температуры и центрифугируются (5 мин; 5500 об/с).

Продолжение таблицы 16

Показатели измерения	Характеристика методик оценки ФТС, используемых в исследованиях	Унифицированная методика определения
	Метод определения стабильности полученной эмульсии предполагает ее нагрев с последующим охлаждением водой при контроле температуры времени. По доле объема эмульгированного слоя, полученного в ходе центрифугирования, судят о стабильности эмульсии. Этот метод определения ЭС может быть реализован с условием нагревания, замораживания, продолжительного хранения эмульсии с последующим центрифугированием в стандартных условиях. Отношение объема эмульсии к общему объему системы после целевого воздействия позволяет оценивать стабильность эмульсии. Эмульсионная емкость предполагает методику, опирающуюся на измерение электропроводности дисперсной системы, в которой эмульсию готовят в режиме непрерывного добавления масла в раствор белка/ белковосодержащего продукта при перемешивании вплоть до точки инверсии фаз эмульсии, отвечающей переходу от эмульсии «масло в воде» к эмульсии «вода в масле. Метод оценки эффективности белковосодержащего продукта как стабилизатора эмульсии предполагает цепочку испытаний с изменением объемной доли масла, температуры и времени воздействия. По объему отделяемых центрифугированием слоев масла в водной фазе и фазе эмульсий делают выводы об эффективности. Агрегативная стабильность оценивается на основании отношения объема (высоты) слоя масла, отделившегося после испытания эмульсии, к общему объему. Показатель кинетической стабильности определяется отношением объема (высоты) слоя водной фазы к объему (высоте) слоя эмульсии	После центрифугирования образец аккуратно перемешивается стеклянной палочкой для выравнивания границы разделения. Далее рассчитываются ЭА (EAI) и ЭСт (ESI) по формулам (3) и (4) соответственно (см. параграф 2.2): $\text{ЭА} = 100 \% \times V_1 / V_2;$ $\text{ЭСт} = 100 \% \times V_t / V_2,$ где V_1 – объем эмульсии (верхнего слоя); V_2 – полный объем; V_t – объем эмульсии после термической обработки

Продолжение таблицы 16

Показатели измерения	Характеристика методик оценки ФТС, используемых в исследованиях	Унифицированная методика определения
Пенообразующая способность/свойство (ПС) – способность продукта формировать стабильную пену; количество межфазной поверхности, образованной белком [351]. Пена – это масса, в которой дисперсионной средой является жидкость, а дисперсной фазой – газ, причем количество дисперсной фазы велико, и пузырьки газа отделены друг от друга тонкими пленками жидкости. Стабильная пена на белковой основе имеет когезивные межфазные пленки за счет водородных связей, а также электростатических и гидрофобных реакций [383]		
ПС характеризуют показатели, оценивающие характеристики образуемой пенной системы: – стабильность пены (<i>FS</i>) – способность белка стабилизировать пену против стрессов; – пеноемкость (<i>FC</i>) – способность раствора (вспениваемость, пенообразовательная емкость) – количество пены (объем) или высота столба (мм), получаемая на 1 г белка (белковосодержащего продукта); также выражают как процентное отношение изменения объема к первоначальному; – кратность (или индекс) пены – отношение объема пены к объему раствора, пошедшего на ее образование; – дисперсность пены – средний размер пузырьков и их распределение по размерам в единице объема пены или на границе поверхности раздела «раствор – газ»; – стабильность (устойчивость) пены – время, при котором пена не теряет своего вида (сохраняется общий объем, в том числе при разных температурных условиях (от замораживания до нагревания при высоких температурах)); – степень насыщения продукта воздухом характеризуется показателем удельного объема воздушной фазы	ПС в исследованиях обозначают множеством терминов (пенообразующая и эмульгирующая способность, взбиваемость, аэрируемость и т. п.) и оценивают различными методами. Чаще всего для оценки ПС измеряют высоту столба пены. Для этого в колбы помещают навеску исследуемого образца и добавляют воду. Полученный раствор взбивают и далее переливали его и измеряют в мерном цилиндре высоту столба пены [417]. Пены готовят путем диспергирования навески продукта в указанном объеме дистиллированной воды. Образцы вспенивают при комнатной температуре в градуированной центрифужной пробирке объемом с использованием гомогенизатора, оснащенного зондом, с контролем параметров скорости и времени	Образец готовится путем диспергирования 3,5 г образцов в 350 мл дистиллированной воды помощью гомогенизатора (1 мин; 22000 об/мин) при комнатной температуре. Так как граница вода/пена достаточно размытая, невозможно определить точное ее расположение. Поэтому измеряется полный объем раствора с пеной. Далее пена отстаивается 1 ч, измеряется полный объем раствора с оставшейся пеной. Пенообразующая способность определяется по формуле (5), а стабильность пены – по формуле (6) (см. параграф 2.2): $ПС = 100 \% \times (V_1 - V_0) / V_0;$ $СП = 100 \% \times (V_2 - V_0) / (V_1 - V_0),$ где V_0 – исходный объем воды; V_1 – объем воды и пены после гомогенизации; V_2 – объем пены и воды после отстаивания

Продолжение таблицы 16

Показатели измерения	Характеристика методик оценки ФТС, используемых в исследованиях	Унифицированная методика определения
Гелеобразующая/желеобразующая способность/свойство (ГС (ЖС)) представляет собой способность продукта создавать дисперсную систему, состоящую как минимум из двух компонентов, в которой диспергирующий агент может образовывать когезионную сетку. Гелеобразование белковосодержащих продуктов – это процесс, при котором «молекулы белка, погруженные в водный растворитель, образуют трехмерную сеть молекулярных структур» [443]. При этом в одних работах изучается гелеобразующая способность (gelling ability), а в других – желеобразующая способность (jelly-forming ability) и рассматриваются варианты изучения характеристик получаемого твердого геля		
Метод оценки ГС основан на определении наименьшей концентрации гелеобразования – такой концентрации белка, при которой раствор белка образует гель, который не отделяется из пробирки после ее переворачивания. Критическая концентрация гелеобразования (ККГ) – один из основных критериев оценки белковосодержащего продукта, обеспечивающих возможность образование устойчивого геля при минимальной концентрации гелеобразователя. ККГ определяет уровень введения в продукт белковых препаратов, обеспечивающий требуемый комплекс структурно-механических характеристик готового продукта	ККГ определяется методом термотропного гелеобразования [91]. Методика заключается в приготовлении серии растворов разных концентраций с оценкой прочности образовавшегося геля путем определения концентрации гелеобразователя, препятствующей погружению в гель металлического шарика определенной массы. Концентрация гелеобразования не позволяет оценить свойства самих образующихся гелей (например, твердость или хрупкость), поэтому используются дополнительные методы измерения количественной оценки текстурных свойств гелей: испытание на сжатие фиксирует соотношения напряжения и деформации, когда образец сжимается/разжимается с фиксированной скоростью [454], анализ профиля текстуры позволяет измерить твердость, клейкость, упругость, когезионность, липкость и эластичность гелей, исследование термической обратимости полученного геля. Достаточно часто при оценке ГС, оценивают реологические свойства получаемого геля. Определение динамических реологических показателей – модуля упругой деформации (сохранения (G')) и модуля сопротивления деформации (потери (G'')) – производят на реолографах [144].	Находится в разработке

Продолжение таблицы 16

Показатели измерения	Характеристика методик оценки ФТС, используемых в исследованиях	Унифицированная методика определения
	Реологический анализ и поведение гелеобразования изучают с помощью реометра. Вязкость измеряют с помощью вискозиметра: прямой индикации или Марша. Для желе как частного варианта твердого геля определяют концентрацию желеобразования и температуру желатинизации. Температуру желатинизации определяют путем нагревания в пробирке с завинчивающейся крышкой навески продукта и воды в заданном соотношении до образования твердого геля – желе. Наименьшей концентрацией желеобразования принимают концентрацию, при которой из перевернутой пробирки образец не выскальзывает. Желе подвергают дальнейшим исследованиям с помощью тестов на прокалывание, складывание, скорость распада желе, реологические анализы	

На основании вышеизложенного возможно теоретически обосновать набор показателей и контролируемых параметров при их измерении для создания унифицированной системы оценки качества и ФТС БСППБС. Помимо выделения самих показателей, особое внимание было уделено особенностям методик определения ФТС, поскольку, например, значения рН или температуры при оценке могут не только существенно изменить получаемые значения, но и исказить свойства, выявляемые для дальнейшего технологического использования того или иного вида продукта БСППБС.

Предлагаемая в работе унифицированная система оценки качественных показателей и ФТС БСППБС обобщена в комплексе методических указаний, оговаривающих порядок исполнения идентификационных процедур, реализацию существующих методов оценки химического состава, физических и органолептических показателей и разработанных собственных методов оценки ФТС [192], опирающихся на нормирование значений определяющих факторов (ввиду отсутствия общепринятого или нормируемого варианта оценки). Логическая рамка связи элементов такой унифицированной системы представлена на рисунке 41.

Идентификационные и качественные показатели БСППБС, выделенные на основе проанализированных методов, используемых в исследованиях (первые два блока на рисунке 41) не вызвали трудностей в подборе методик их определения, поскольку опираются на устоявшиеся стандартизированные подходы.

Логическая рамка отображает связь между входными идентификационными параметрами продуктов переработки бобовых, их показателями качества и безопасности и показателями проявления целевых ФТС. В отношении качественных характеристик БСППБС (идентификационных параметров, показателей химического состава, физического состояния и органолептических) можно отметить, что они определяются в соответствии с медико-биологическими требованиями, санитарными нормами и требованиями технических регламентов к качеству продовольственного сырья и пищевых продуктов на основе установленных в этой нормативной базе методов анализа. Показатели ФТС БСППБС четвертого блока экспериментальной части исследования (гл. 5) будут определяться на основании разработанной собственной группы методик оценки ФТС, являющейся результатом ранее проведенной систематизации (см. таблицу 16).



Рисунок 41 – Элементы унифицированной системы оценки качества и ФТС БСППБС

Унифицированная система оценки качественных показателей и ФТС БСППБС позволяет на основе статистической обработки групп полученных значений выявить взаимосвязи между отдельными показателями и найти функциональные зависимости между определяемыми величинами. С целью получения единого стандартизированного подхода при оценке ФТС различных продуктов переработки бобового сырья система оценки качественных показателей и ФТС БСППБС подлежала дальнейшей валидации и верификации.

Логическая связь между показателями качества и свойствами БСППБС может служить основой для обоснования введения ППБС в пищевую матрицу с учетом дуальности их поведения: в качестве сырьевого ингредиента или в качестве пищевой добавки, имеющей в первую очередь технологическое назначение (например, эмульгатора). В этом случае при прогнозировании свойств пищевых матриц, создаваемых на основе БСППБС, наличие связей при взаимодействии целевого изучаемого продукта с водной и жировой фракциями при управляемом воздействии параметров технологического процесса позволит на основе математического моделирования определить диапазоны параметров и режимов технологических операций при наличии конкурирующих задач: например, подобрать оптимальную температуру гелеобразования для конкретного БСППБС, позволяющую не только достигнуть желаемых реологических свойств, но и обеспечить сохранность витаминов. Для разрабатываемых пищевых продуктов на основе БСППБС значения показателей их ФТС будут определяющими при достижении задач обеспечения функциональности, соответствия назначению, структурных, текстурных, вкусовых и иных свойств. Формирование и использование базы данных сопоставимых качественных показателей и свойств БСППБС, полученных при системном применении унифицированной системы оценки, создаст основу для аргументированного обоснования применимости использования конкретного БСППБС при создании пищевых матриц с заданными параметрами.

Разработка и верификация унифицированной системы оценки качества и ФТС ППБС, получаемых в ходе переработки их биоконверсии/биодеструкции, позволила создать основу для разработки методологии проектирования пищевых систем на основе БСПП, основанной на унифицированной системе контроля качества и ФТС белкового сырья, представленной на рисунке 42.

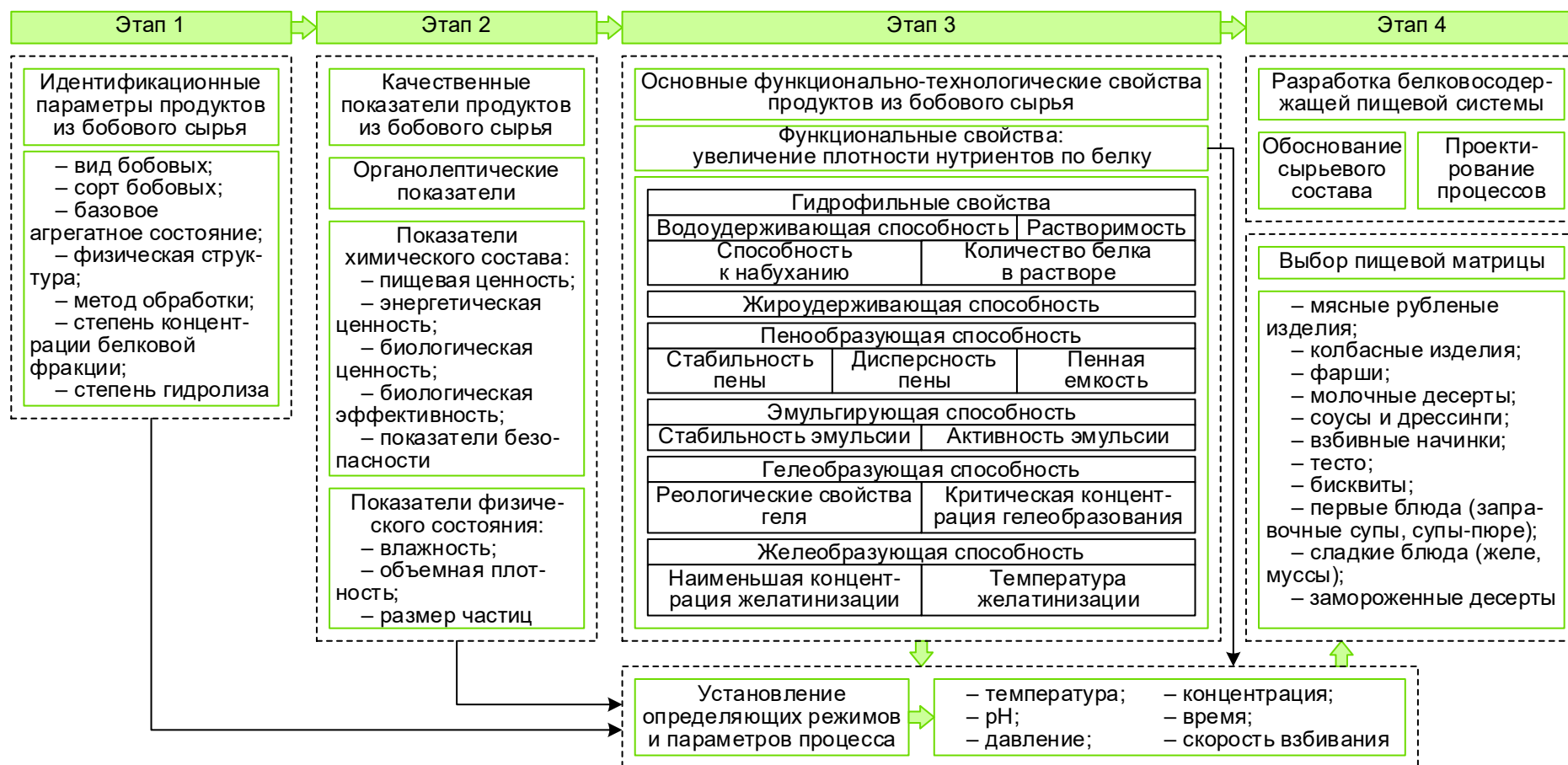


Рисунок 42 – Методология проектирования белковосодержащих пищевых систем

Методология показывает связь между входными идентификационными параметрами продуктов переработки бобовых, их показателями качества и безопасности, определяемых в соответствии требованиями технических регламентов и санитарно-эпидемиологическими и гигиеническими требованиями и дальнейшими параметрами процессов, непосредственно определяющих как показатели проявления целевых ФТС, так и особенности изменения входных параметров сырья. Подобного рода связь при накоплении достаточного количества эмпирических данных позволит в дальнейшем на основе математического моделирования определять диапазоны параметров и режимов осуществления технологических операций при наличии конкурирующих задач. Например, подобрать оптимальную температуру гелеобразования, позволяющую не только достигнуть желаемых реологических свойств, но и обеспечить сохранность витаминов.

Еще одна логическая связь, продемонстрированная на рисунке, позволяет прогнозировать наличие математических зависимостей при взаимодействии целевого изучаемого продукта с водной и жировой фракциями при управляемом воздействии параметров технологического процесса. Это, в свою очередь, непосредственно определяет потенциал и перспективность использования целевого продукта в отдельных пищевых матрицах. Для отдельных разрабатываемых на основе использования бобового сырья пищевых продуктов степень реализации их ФТС будет определяющей при достижении задач обеспечения функциональности, соответствия назначению, структурных, текстурных, вкусовых и иных свойств. Предлагаемая методология позволяет усовершенствовать систему объективного контроля и способствует более аргументированному выбору перспективных для введения в пищевые матрицы ингредиентов с учетом возможностей их дуального использования как в качестве основного рецептурного ингредиента, так и пищевых технологических добавок.

Выводы по четвертой главе

Анализ динамики производства источников животного белка в России говорит о наличии устойчивого роста и сохранении традиционных подходов к производству и переработке. Наша страна в последние пять лет демонстрирует высокие темпы производ-

ства и потребления животного белка во всех основных категориях. В фокусе отрасли – технологичность, инновации, экспорт и диверсификация ассортимента. Секторы животноводства, птицеводства, рыбоводства продолжают расти на фоне увеличения внутреннего спроса, господдержки и успешного импортозамещения. В то же время можно отметить тенденции в отношении производства белка из альтернативных источников – насекомых, грибов и бактерий (энтомопротеин, микопротеин и др.).

В отношении растительных источников белка в России также отмечается активная тенденция к росту рынков, что подтверждается увеличением объемов выращивания бобовых и созданием собственных систем переработки бобового сырья, с разделением получаемого продукта на различные фракции с целью получения линейки отечественных марочных растительных концентратов и изолятов (гороховых, в первую очередь). Бобовые представляют значительный интерес как продукт с высокой нутриентной плотностью. Белок бобовых, в частности гороха, достаточно полноценен по аминокислотному составу и является перспективным сырьевым источником для создания альтернативных «мясных» и «немолочных» продуктов в ответ на потребительские тренды (веганство, флекторианство, ответственное потребление).

С этих позиций необходимо отметить, что при получении концентрированной белковой фракции распространены как традиционные – сухое фракционирование (воздушная классификация), щелочная экстракция (изоэлектрическое осаждение) и солевая экстракция (мицеллизация), так и инновационные методы – основанные на применении сверхкритической экстракции диоксидом углерода, субкритическая водная, ферментативно-ассистированная и микроволновая экстракция. В России среди методов переработки бобового сырья для отделения белковых фракций наиболее распространены варианты кислотного и щелочного гидролиза, однако недостаточно внимания уделено методу воздушной классификации как более экологичному. Метод экстрагирования определяет пищевую ценность, содержание биологически активных соединений и антинутриентов, термические, конформационные и функционально-технологические свойства получаемых протеинов.

Среди перспективных биотехнологических решений, направленных на модификацию получаемых белков и получение протеинов с определенными диапазонами значений молекулярных масс, является ферментация.

Разделение высоко- и низкомолекулярных белков осуществляется на основе молекулярных характеристик отдельных фракций – глобулиновой, альбуминовой, глютелино-

вой и проламиновой, и может совмещаться с экстрагированием белка или рассматриваться как отдельный метод переработки. Получаемые ППБС с различным соотношением фракций протеинов используются для достижения разных целевых функционально-технологических задач.

Анализ имеющихся подходов к технологиям экстрагирования, фракционирования и модификации белковых концентратов и изолятов, полученных на основе бобовых, в том числе гороха, позволяют утверждать, что их функционально-технологические свойства в значительной степени зависят от методов, используемых для их производства, изначальных физико-химических свойств (например, аминокислотного профиля, структуры, конформации, заряда, гидрофобности, размера и др.) и уровня происходящих изменений белковой структуры в целом и отдельных фракций в частности.

Появление нового спектра БСППБС требует наличия согласованных методик изучения и оценки их качественных характеристик, в том числе функционально-технологических свойств, а предложенная унифицированная методика их определения способна обеспечить основу для сравнительного и сопоставительного анализа различных образцов с позиции перспективности их включения в пищевые матрицы под разные задачи при производстве новых видов пищевой продукции, в том числе специализированного назначения или с задачей увеличения нутриентной плотности новых продуктов для удовлетворения потребностей определенного целевого контингента.

Среди объектов, на которые возможно распространить унифицированные подходы к оценке качества и ФТС БСППБС, можно выделить муку из бобовых, гидролизат муки; обезжиренную муку, гидролизат обезжиренной муки; белковые концентраты (разной степени содержания белка и концентраты, полученные в результате разных методов фракционирования); изоляты белка бобовых культур; гидролизаты концентратов и изолятов; экструдаты; сублимированная аквафаба.

Сформулированные методики оценки качества и ФТС применимы для ряда продуктов более глубокой переработки, направленной на получение определенных фракций белка с заданной молекулярной массой и определенными ФТС.

В отношении БСППБС выделены группа идентификационных параметров и группа качественных показателей, объединяющая органолептические и физико-химические показатели: гидрофильные свойства, включая растворимость, способность к набуханию, переходу в раствор белков и водоудерживающую способность; эмульгирующие, пенообра-

зующие, геле-/желеобразующие свойства, жиросдерживающая способность; а также определены и практически апробированы методы их измерения (приложение Д).

Оценка опыта включения бобовых в новые продукты показывает, что органолептические свойства и ФТС БСППБС являются основой универсальности их применения в питании, а систематизация и унификация данных о показателях ФТС БСППБС и продуктов, получаемых на их основе, позволит значительно облегчить процессы проектирования новых видов продукции на основе растительного белка, расширить разрабатываемый ассортимент, повысить уровень значимых для потребителя качественных характеристик. При дальнейшей реализации группы методик унифицированной системы оценки ФТС БСППБС необходимо использовать конкретные значения определяющих факторов: температура, давление, рН, время и скорость взбивания и центрифугирования. ФТС отдельных БСППБС также могут быть изучены на основании разработанной унифицированной методики для разных диапазонов таких определяющих факторов, как температура, рН и гидромодуль, с учетом необходимости соблюдения условий при отборе лучших перспектив для введения в конкретную пищевую матрицу.

Предложена и апробирована методология проектирования белковосодержащих пищевых систем на основе разработанной унифицированной методики измерения функционально-технологических свойств, получаемых на основе бобового сырья: сухих изолятов, концентратов, гидролизатов, объединяющая определение следующих показателей: растворимость в холодной и горячей воде, ЖУС, ВУС, пенообразующая способность, пеноустойчивость, доля термически стабильной пены, эмульсионная активность, эмульсионная стабильность, доля термически стабильной эмульсии.

5 Исследование динамики функционально-технологических свойств и молекулярной структуры растительного белка в процессе механоферментативного гидролиза

5.1 Обоснование применения механоферментативного гидролиза растительного белкового сырья

Механоферментативный гидролиз (МФГ) представляет собой инновационный комбинированный подход, объединяющий механическое воздействие и ферментативное расщепление биомолекул [400]. За счет синергии двух видов воздействия достигается значительное изменение структуры макромолекул продукта, улучшаются биодоступность питательных веществ и ФТС белковых продуктов. В контексте бобового сырья данный метод открывает перспективы создания новых видов высокобелковых функциональных ингредиентов и готовых пищевых продуктов с улучшенными органолептическими характеристиками и пониженным аллергенным потенциалом.

В общем виде процесс МФГ включает несколько стадий: предварительную механическую активацию сырья (измельчение, гомогенизацию), последующую ферментативную инкубацию с протеазами и дополнительное кондиционирование. К контролируемым параметрам механического воздействия относят скорость сдвига, давление (до 300 МПа в высоконапорных гомогенизаторах), температуру, а также концентрацию и состав ферментов. Используют ротор-статорные гомогенизаторы, механохимические мельницы (например, тип РМС), ферментные препараты включают субтилизин-подобные протеазы (в том числе Протосубтилин 250), папаин, а также комплексные препараты, в том числе с целлюлазной и ксиланазной активностью. Контроль параметров осуществляют с целью оптимизации степени ферментативного воздействия и функциональных свойств продукта.

В рамках исследования рассматривалось применение МФГ в отношении как изолята белка, так и цельнобобовых продуктов, содержащих как белковую, так и углеводную и жировую фракции. Применяемый для гидролиза фермент отечественного производства Протосубтилин А-250 ГЗх («Сиббиофарм», г. Бердск) представляет собой комплексный

препарат, содержащий в своем составе природно сбалансированный комплекс нейтральных и щелочных протез и сопутствующие ферменты: α -амилазу, β -глюканазу, ксиланазу, липазу. Препарат получают путем высушивания культуральной жидкости после глубинного выращивания культуры *Bacillus subtilis* (сенной палочки), получая протеолитический фермент, продуцируемый данным видом грамположительных спорообразующих факультативно аэробных почвенных бактерий. Протосубтилин А 250 ГЗх, содержащий не менее 250 ед/г нейтральной протеазы, имеет направленное действие и, расщепляя высокомолекулярные белки, увеличивает содержание доступных пептидов и аминокислот в субстрате. Фермент также снижает уровень негативного влияния ингибиторов бобовых культур на пепсин и трипсин ЖКТ, не угнетая и не подменяя собственные протеолитические ферменты, действуя в дополнение к пищеварительным протеазам организма.

Эффективность использования МФГ в отношении БСППБС обусловлена возможностью одновременного механического воздействия и биомодификации белковых систем за счет применения специфических ферментов. Проводимая механическая обработка обеспечивает снижение упорядоченности белковых макромолекул, что повышает доступность субстрата для каталитической активности ферментов. При этом структура белка модифицируется, увеличивается доля аморфных участков, что способствует более эффективному гидролизу. Для МФГ важно поддержание оптимальных параметров процесса: температура 55 °С, pH 6,7–7,2, продолжительность инкубации 120 мин с контролем соотношения фермента и субстрата.

Механохимическое воздействие при гидролизе позволяет одновременно разрушать клеточные стенки и значительно ускорять протеолиз, что отражается в повышении выхода низкомолекулярных пептидов и свободных аминокислот при сохранении биологической активности. Преимуществом МФГ белков является то, что во время его проведения аминокислоты практически не разрушаются и не вступают в дополнительные реакции (рацемизация и др.). Кроме того, по сравнению с традиционными кислотным и щелочным гидролизом, который требует высоких температур и экстремальных pH, что ухудшает качество белкового продукта, можно выделить следующие преимущества ферментативного гидролиза с позиций устойчивости: простая технология, экологическая безопасность и незначительная энергозатратность метода.

В отличие от щелочного или химического гидролиза, механоферментативный метод характеризуется более высокой степенью ферментативного воздействия при мягких

условиях, что сводит к минимуму разрушение аминокислот, способствует сохранению ценных аминокислот и пептидов, а также обеспечивает отсутствие условий для появления нежелательных побочных продуктов – токсичных соединений. МФГ обеспечивает высокую селективность и возможность контроля состава гидролизатов за счет изменений условий процесса, подбора сырья и фермента, позволяя получать гидролизаты с заданным фракционным составом и ФТС. Сравнительная эффективность МФГ подтверждается более высокой растворимостью, улучшенной пено- и эмульгирующей активностью получаемых гидролизатов, а также значительным снижением антинутриентов и аллергенных фракций белков бобовых. Применение Протосубтилина А 250 ГЗх позволяет также провести обработку углеводных компонентов ферментами, что совместно с механическим воздействием повышает их восприимчивость к гидролизу α -амилазами и улучшает перевариваемость и текстурные свойства.

Классическая схема ферментативного гидролиза предполагает воздействие протеаз в растворах, полученных на основе добавления воды при контроле pH и температуры смеси к измельченному продукту с последующим внесением фермента в жидкую смесь, осуществлением непосредственно гидролиза при контроле параметров времени и температуры, фильтрацию массы, пастеризацию, концентрирование, сушку и фасовку гидролизата. Одним из существенных недостатков ферментативного гидролиза, проводимого в гидромодулях, является сравнительно невысокая концентрация нерастворимого субстрата в жидкой питательной среде, что требует применения аппаратов большого объема и сопровождается образованием большого количества сточных вод и отходов технологии, требующих очистки. Кроме того, необходимость получения в качестве итогового продукта сухих гидролизатов обуславливает необходимость их извлечения из растворов, что достигается фильтрованием и высушиванием. В процессе высушивания достаточно часто возникает проблема окисления белков, что в дальнейшем значительно ухудшает их органолептические свойства за счет появления горького вкуса и запаха жженого пера.

Особенностью МФГ в исследовании является ведение процесса в порошкообразной системе. Влияние воды на протекание реакции механохимического гидролиза биополимеров является важным, но малоисследованным вопросом. Данная проблема рассматривалась в исследованиях по механохимической переработке биополимеров в условиях сдвиговых механических воздействий в аппаратах экструдерного типа, однако опубликованных сведений мало, поскольку этот параметр является существенным в ноу-хау соот-

ветствующих технологий. Для проведения механохимических процессов в смесях твердых порошков применяются мельницы различного типа со свободным или стесненным ударом: планетарного, роликового, вибрационного или виброцентробежного типов.

Поскольку многие компоненты растительного сырья денатурируют или разлагаются при интенсивном механическом воздействии, на базе Института химии твердого тела и механохимии СО РАН разработаны специальные мельницы роликового типа с ограниченной интенсивностью импульсного воздействия [78; 386]. При осуществлении МФГ в этом оборудовании механическая обработка приводит к механическому распределению молекул фермента по массе растительного сырья, что существенно сокращает транспортные пути фермента к субстрату по сравнению с обработкой субстрата раствором фермента [387].

Стандартным ферментативным гидролизом является технология, в которой соотношение субстрата и растворителя (воды) находится в пределах 1:200–1:50. В последние десятилетия активно развивается метод ферментативного гидролиза биополимеров с высокой концентрацией твердого субстрата [305]. При соотношении твердого субстрата к жидкости до 1:4 можно добиться эффективного протекания гидролиза с конверсией вплоть до 90 %. Такой подход называется Solid State Enzymatic Hydrolysis (SSEH) – твердофазный ферментативный гидролиз [400]. Безусловно, данный процесс имеет свои сложности из-за вязкости среды и того, что субстрат находится в твердой фазе, и его строение и структура критически влияют на протекание процесса гидролиза. Крайний случай такого гидролиза с малым содержанием фермента был использован в ходе МФГ, соотношение твердого и жидкой фаз составляло 7:1. Такая система уже не является жидкой, это порошок, однако находящаяся в нем вода позволяет проводить гидролиз [78]. Очевидно, что в такой системе скорость и конверсия гидролиза будет значительно ниже, чем в растворах, однако приемлемо с позиций целей исследования, направленных на получение ППБС с низкими молекулярными массами, обеспечивающими снижение содержания нутриентов и увеличение доступности содержащихся питательных веществ в целом и аминокислот в частности.

С этих позиций предметом исследования стало изучение ФТС в полученных продуктах, где гидролиз белка осуществлялся не до аминокислот (полный гидролиз), а до уменьшения молекулярной массы белка в несколько раз. МФГ позволяет, с одной стороны, достаточно точно управлять процессом, останавливая гидролиз на желаемой ста-

дии (за счет изменения концентрации вносимого фермента), а с другой – исключить проблемы, связанные с концентрацией и высушиванием растворов, быстро удаляя остатки воды из ферментоллизатов без окисления белка. Из-за высоких диффузионных затруднений крайне важно равномерно распределить фермент по системе, поэтому была введена стадия механохимической обработки порошка.

Ранее подобный вид обработки проводился для гидролиза клеточной стенки дрожжей и овса [141] и целлюлозы в составе древесной муки [140]. Температура гидролиза использовалась в соответствии с рекомендациями производителя, параметры температуры инактивации, основанные на термической устойчивости ферментов [12] и интенсивности механической обработки [10], обоснованы на базе ранее проведенных экспериментов и исследований.

Совместное применение механической обработки сырья с ферментным препаратом позволяет получить частицы с размером более мелким (в зависимости от степени помола от 15 до 50 мкм), чем в традиционной муке (100–140 мкм), что интенсифицирует стадию последующего ферментативного гидролиза и увеличивает скорость гидролиза в системе «совместно обработанное сырье + фермент» практически вдвое по сравнению с механической обработкой без добавления ферментного препарата (ферменты вносятся непосредственно перед гидролизом и механической обработке не подвергаются). Ранее на основании данных о скорости накопления водорастворимых веществ установлены оптимальные параметры проведения гидролиза: концентрация ферментного препарата до 2 % мас., продолжительность – 4 ч. Дополнительное введение фермента не оказывает влияния на скорость ферментативной реакции, так как при концентрации около 2 % мас. происходит полное заполнение поверхности субстрата молекулами фермента [297]. Схема процесса МФГ представлена ниже на рисунке 43.

Сначала сырье проходило механическую дезинтеграцию, при которой разрушились клеточные стенки, увеличивалась площадь поверхности белковых компонентов. Это снижало их конформационную стабильность, увеличивало аморфность, что делало белки более доступными для ферментного воздействия. Механическое измельчение растительного сырья осуществлялось в несколько этапов: сначала сырье было подвергнуто грубому измельчению на ножевой мельнице до частиц с размерами менее 2 мм, затем в роликовой мельнице процесс повторялся до размеров порядка 15–25 мкм.

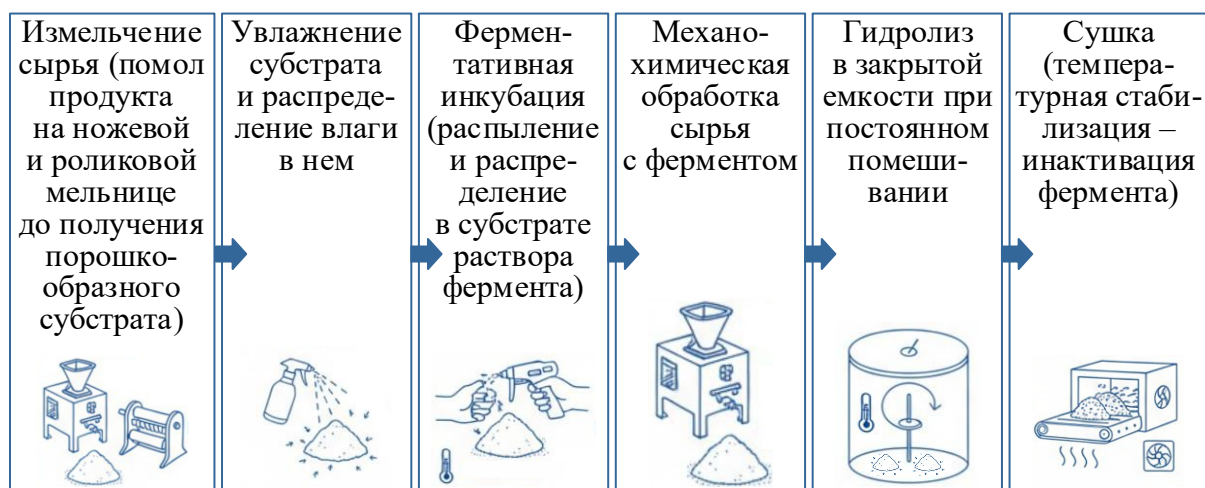


Рисунок 43 – Общая схема процесса механоферментативного гидролиза

Влажность исходного сырья для бобовых составляет около 5 % мас. Для эффективного протекания процесса гидролиза влажность доводят до 12–14 % [78] опрыскиванием и постоянным перемешиванием сырья (расчет объема вносимой жидкости осуществлялся так, чтобы после внесения раствора фермента итоговая влажность смеси была 13 %). Для стабилизации и равномерного распределения влаги сырье выдерживается в закрытой емкости в течение 24 ч. Следующим шагом является нанесение фермента на сырье. Для этого твердый фермент разводят в воде в соотношении 1:10 и проводят напыление раствора фермента.

Последующий ферментативный гидролиз механически обработанной биомассы проводили в течение 4 ч при 55 °С и перемешивании 120 об/мин. Внесение фермента на разных стадиях эксперимента составляло от 0,075 % до 2 % к массе продукта, подвергаемого гидролизу. Было установлено, что дополнительное введение фермента не оказывает влияния на скорость ферментативной реакции, так как при концентрации около 2 % мас. происходит полное заполнение поверхности субстрата ферментом. Для инактивации фермента далее смесь нагревали до 75 °С в течение 45 мин.

Ферментативный этап включал селективное расщепление крупномолекулярных белков легуминов и вицилинов на пептиды разной молекулярной массы. В ходе процесса происходило снижение молекулярной массы белковых фракций, что изменяло ФТС: растворимость, ВУС и ЖУС, пенообразование и эмульгирование, а также приводило к снижению содержания антинутриентов и аллергенов. Этапы МФГ и особенности получения образцов для разных блоков эксперимента представлены на рисунке 44.

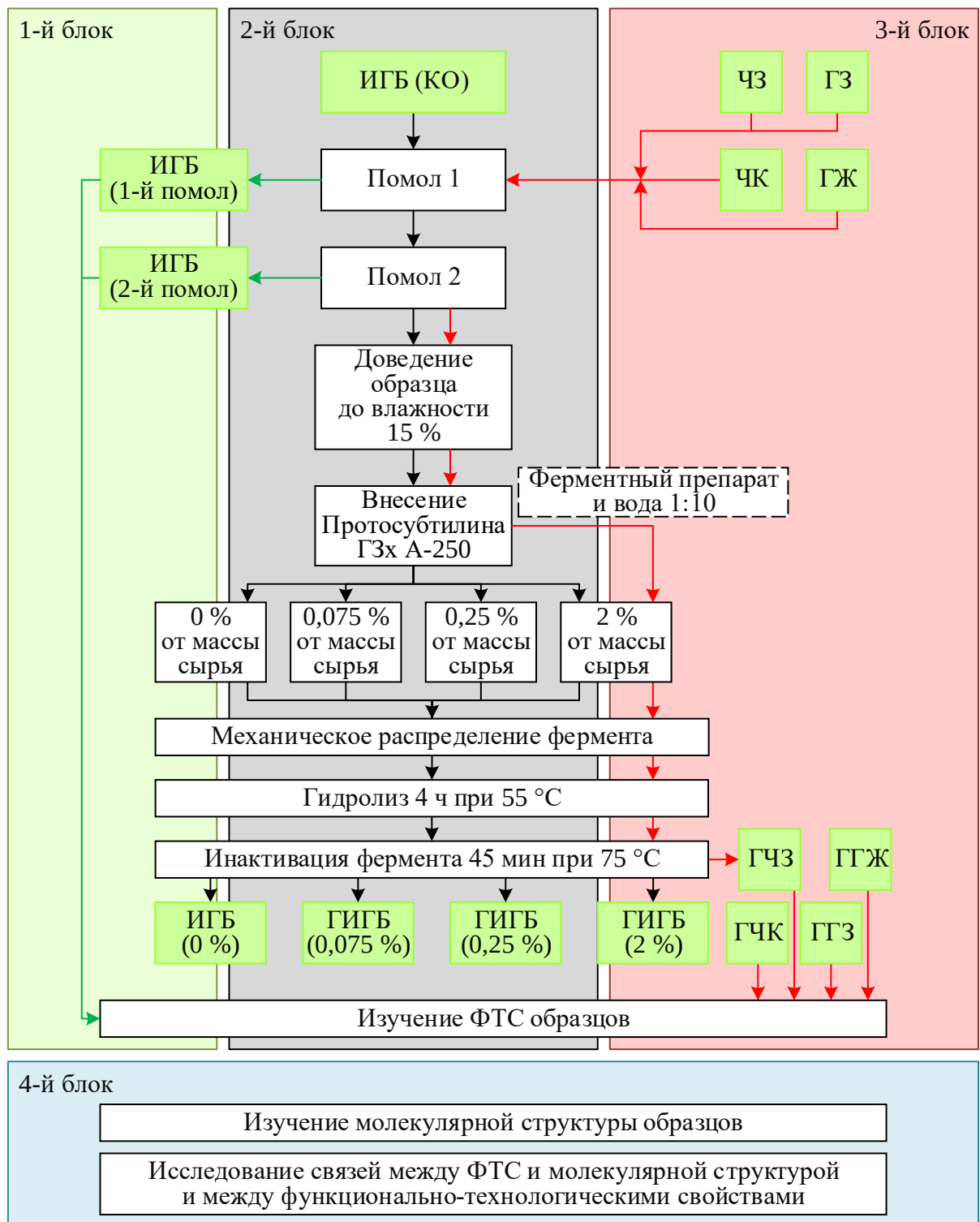


Рисунок 44 – Схема МФГ и получения исследуемых образцов (белковых гидролизатов)

В рамках решаемой в эксперименте задачи последовательно изучались качественные характеристики растительного белкосодержащего бобового сырья, исследовалась их пищевая и биологическая ценность, содержание антинутриентов: фитиновой кислоты и трипсинингибирующей активности (ТИА), показатели безопасности: содержание ток-

сических элементов и микробиологические показатели на соответствие требованиям Технического регламента Таможенного союза ТР ТС 0,21/2011.

Результаты исследования показателей химического состава и пищевой ценности и приведены в таблице 17, показатели безопасности образцов указаны в таблицах 18 и 19. Результаты физико-химических испытаний рассчитаны как среднее арифметическое двух параллельных измерений, оценка неопределенности получена при доверительной вероятности 99 %.

Таблица 17 – Результаты определения химического состава бобового сырья

Показатель	ИГБ	ГЖ	ГЗ	ЧК	ЧЗ
Белки, г	80,0 ± 5,17	27,8 ± 2,43	24,3 ± 2,16	28,4 ± 1,98	24,81 ± 1,73
Жиры, г	3,1 ± 0,61	1,2 ± 0,13	1,8 ± 0,17	1,1 ± 0,08	1,3 ± 0,12
Энергетическая ценность, ккал	350 ± 23	310 ± 21	305 ± 17	302 ± 12	297 ± 18
Зола, % на сухое вещество	5 ± 0,24	3,3 ± 0,17	4,9 ± 0,23	3,3 ± 0,16	3,4 ± 0,17
Крахмал, % на сухое вещество	0	43,2 ± 2,16	47,3 ± 2,41	43,4 ± 2,19	46,5 ± 2,32
Клетчатка, % на сухое вещество	5,0 ± 0,23	4,5 ± 0,22	3,8 ± 0,18	3,6 ± 0,17	3,7 ± 0,19
ТИА, мг/г	7,60 ± 0,38	9,6 ± 0,47	11,4 ± 0,52	7,2 ± 0,36	7,6 ± 0,37
Фитиновая кислота, мг/г	0,90 ± 0,05	6,8 ± 0,32	5,2 ± 0,25	6,8 ± 0,33	9,2 ± 0,46
Минеральные вещества, мг/100 г сухого веса					
P	432,0 ± 11,3	355,3 ± 9,3	246,4 ± 17,2	293,2 ± 11,0	396,6 ± 4,2
Mg	201,7 ± 15,2	112,0 ± 6,8	89,9 ± 4,7	92,8 ± 6,3	82,1 ± 5,3
Zn	6,4 ± 1,9	3,4 ± 0,9	2,9 ± 0,6	3,4 ± 0,2	2,6 ± 0,8
Ca	78,7 ± 2,6	120,1 ± 15,3	88,4 ± 9,6	74,8 ± 5,9	88,6 ± 2,7
Fe	18,3 ± 2,7	6,9 ± 0,7	7,1 ± 0,6	6,9 ± 1,1	4,8 ± 1,1
Na	64,4 ± 2,12	34,2 ± 0,3	28,6 ± 2,7	26,5 ± 3,2	44,5 ± 6,9

Таблица 18 – Результаты определения токсичных элементов бобового сырья (n = 3)

Токсичный элемент	Требования НД	ИГБ	ГЖ	ГЗ	ЧК	ЧЗ
Тяжелые металлы, мг/кг						
Свинец	Не более 1,0	0,056 ± 0,02	0,327 ± 0,03	0,146 ± 0,01	0,206 ± 0,02	0,152 ± 0,01
Мышьяк	Не более 1,0	Менее 0,005				
Кадмий	Не более 0,2	0,005 ± 0,002	0,045 ± 0,003	0,085 ± 0,002	0,062 ± 0,001	0,035 ± 0,004
Ртуть	Не более 0,03	Менее 0,002				
Микотоксины, мг/кг						
Афлатоксин В1	Не более 0,005	Менее 0,002	Менее 0,003	Менее 0,003	Менее 0,002	Менее 0,002

Продолжение таблицы 18

Токсичный элемент	Требования НД	ИГБ	ГЖ	ГЗ	ЧК	ЧЗ
Пестициды, мг/кг						
ГХЦГ (α -, β -, γ -изомеры)	Не более 0,05	Менее 0,01				
ДДТ и его метаболиты	Не более 0,05	Менее 0,01				

Таблица 19 – Результаты определения микробиологических показателей бобового сырья ($n = 3$)

Показатель	Требования НД	ИГБ	ГЧЗ	ГЧК	ГГЖ	ГГЗ
КМАФАнМ, КОЕ/г	Не более $5,0 \cdot 10^4$	$5,0 \cdot 10^2$	$3,5 \cdot 10^2$	$4,0 \cdot 10^2$	$3,5 \cdot 10^2$	$3,5 \cdot 10^2$
БГКП (колиформы)	Не допускаются в 0,1 г	Отсутствуют				
<i>S. aureus</i>	Не допускаются в 0,1 г	Отсутствуют				
Патогенные, в том числе сальмонеллы	Не допускаются в 25 г	Отсутствуют				
Сульфитредуцирующие клостридии	Не допускаются в 0,1 г	Отсутствуют				
Плесени, КОЕ/г	Не более $1,0 \cdot 10^1$	Менее 100				
Дрожжи, КОЕ/г	Не более $1,0 \cdot 10^1$	Менее 100				

Для оценки качества белкового компонента и биологической ценности был исследован аминокислотный состав бобового сырья (таблица 20).

Таблица 20 – Результаты определения аминокислотного состава бобового сырья

Аминокислота	Содержание на 100 г белка, мг				
	ИГБ	ГЖ	ГЗ	ЧК	ЧЗ
Валин	4320 ± 216	2080 ± 106	1810 ± 94	1260 ± 64	2240 ± 114
Изолейцин	3890 ± 194	1583 ± 68	1373 ± 68	967 ± 48	1603 ± 82
Лейцин	7780 ± 372	3166 ± 156	2747 ± 136	1933 ± 98	3207 ± 162
Лизин	8890 ± 442	3300 ± 168	2970 ± 146	2110 ± 108	3290 ± 168
Метионин	640 ± 31	420 ± 22	440 ± 22	130 ± 6	420 ± 20
Треонин	4570 ± 227	2350 ± 124	2030 ± 102	1310 ± 64	2400 ± 126
Триптофан	460 ± 23	200 ± 12	190 ± 8	250 ± 14	200 ± 12
Фенилаланин	6670 ± 340	1900 ± 98	1760 ± 89	1200 ± 62	1990 ± 98

Продолжение таблицы 20

Аминокислота	Содержание на 100 г белка, мг				
	ИГБ	ГЖ	ГЗ	ЧК	ЧЗ
Аланин	5130 ± 256	2170 ± 108	1980 ± 98	1280 ± 68	2370 ± 118
Аргинин	11580 ± 524	3460 ± 176	3350 ± 172	3750 ± 188	2570 ± 127
Аспарагиновая кислота	8220 ± 412	3250 ± 164	2450 ± 126	2150 ± 120	2610 ± 134
Гистидин	2510 ± 126	1010 ± 54	980 ± 48	430 ± 24	1100 ± 54
Глицин	4220 ± 212	2040 ± 102	2030 ± 10	1150 ± 56	2230 ± 116
Глутаминовая кислота	9960 ± 489	3410 ± 172	2990 ± 152	2570 ± 130	3220 ± 168
Пролин	3720 ± 189	1870 ± 96	1630 ± 84	950 ± 48	1890 ± 96
Серин	5910 ± 294	3400 ± 172	2230 ± 118	1630 ± 88	2810 ± 146
Тирозин	2690 ± 138	1050 ± 54	940 ± 46	740 ± 38	1110 ± 54
Цистин	940 ± 46	390 ± 187	430 ± 26	240 ± 14	460 ± 28

Соотношение и количество входящих в состав образцов НАК по сравнению с эталонным белком приведено на рисунке 45.

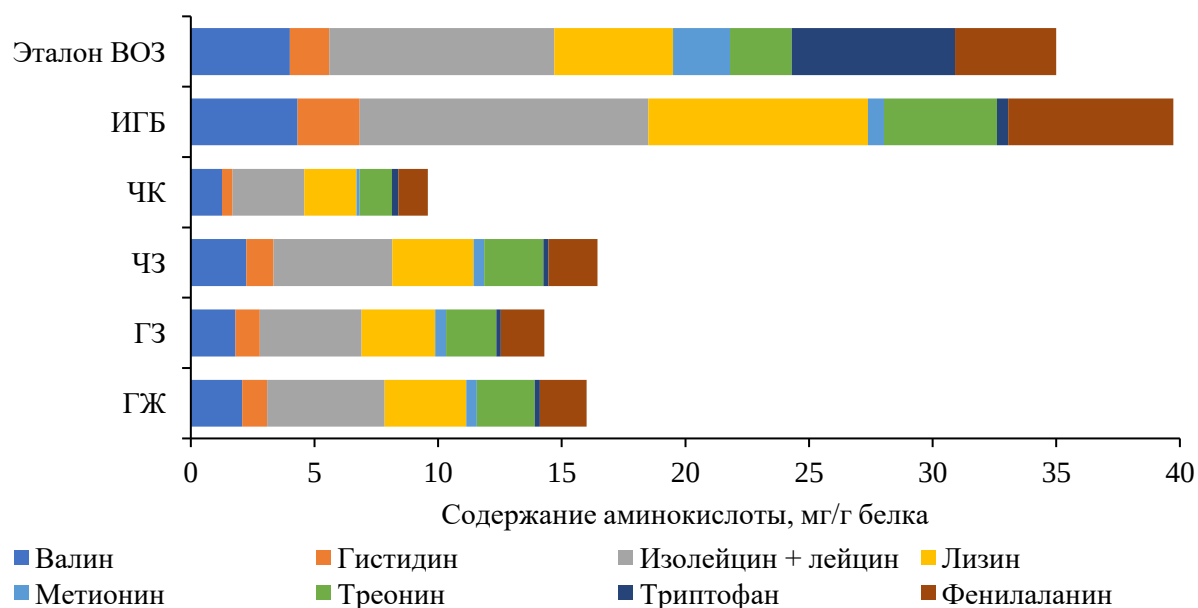


Рисунок 45 – Состав и соотношение содержащихся незаменимых аминокислот в образцах бобового сыра

Анализ значения аминокислотного сора в разрезе НАК (таблица 21), а также совокупные показатели оценки биологической ценности образцов (таблица 22) позволяют наглядно отразить лимитирующее или низкое содержание серосодержащих аминокислот – метионина и цистеина для всех образцов.

Таблица 21 – Результаты расчета аминокислотного сора бобового сыря

Образец	Аминокислотный скор								
	Валин	Изолейцин	Лейцин	Лизин	Метионин + цистеин	Треонин	Триптофан	Фенилаланин + тирозин	Гистидин
ИГБ	1,08	1,3	1,28	1,85	0,69	1,83	0,7	2,28	1,57
ГЖ	0,52	0,53	0,52	0,69	0,35	0,94	0,3	0,72	0,63
ГЗ	0,45	0,46	0,45	0,62	0,38	0,81	0,29	0,66	0,61
ЧК	0,32	0,32	0,32	0,44	0,16	0,52	0,38	0,47	0,27
ЧЗ	0,56	0,53	0,52	0,69	0,38	0,96	0,3	0,76	0,69

Данные таблицы 21 при сравнении с эталонным белком показывают дефицит по всем НАК у всех образцов, помимо ИГБ (дефицит по трем ранее указанным НАК).

Однако при оценке коэффициента различия аминокислот (КРАС), устанавливающего разбалансированность аминокислотного состава относительно эталонного белка и формирующего показатель БЦ, можно отметить, что наиболее гармонично содержание НАК именно в образцах из цельнобобового сыря.

Так, значение БЦ составляет от максимального для образца чечевицы красной 80,57 %, до минимального 70,39 % у чечевицы зеленой. В то же время для изолята горохового белка БЦ составляет только 29,05 %, что необходимо учитывать при подборе ингредиентов для совместного введения в создаваемую пищевую систему.

Таблица 22 – Результаты расчета биологической ценности образцов бобового сыря

Образец	Лимитирующая аминокислота	КРАС	БЦ	U	КОАС	R_c	σ_c	ИНАК
ИГБ	Метионин + цистеин	0,71	29,05	0,49	4,80	1,21	34,06	1,30
ГЖ	Триптофан	0,27	72,53	0,54	3,80	0,54	28,53	0,55
ГЗ	Триптофан	0,24	76,26	0,57	4,27	0,51	25,37	0,50
ЧК	Метионин + цистеин	0,19	80,57	0,46	5,80	0,28	36,58	0,34
ЧЗ	Триптофан	0,30	70,39	0,52	3,61	0,54	30,45	0,57

Коэффициент утилитарности аминокислотного состава U , который характеризует степень сбалансированности НАК по отношению к физиологически необходимой норме (эталону), отражает примерную равнозначность этого показателя для образцов с колебанием значений в диапазоне от 0,46 до 0,57. Еще один показатель, показывающий уровень отклонений значений аминокислотного состава в продукте от эталонных (K_{OAC}), также

подтверждает относительную равномерность значений образцов по этому показателю от min 3,8 до max 5,8. Показатель сопоставимой избыточности (σ_c), характеризующий суммарную массу НАК, не используемых на анаболические цели, в количестве белка оцениваемого продукта, эквивалентном их потенциально утилизируемому содержанию в 100 г белка-эталоны, также достаточно однороден для образцов.

В то же время коэффициент рациональности аминокислотного состава (R_c), численно характеризует сбалансированность НАК по отношению к эталонному белку и имеет значительные отличия для образца чечевицы красной более чем в 4 раза ниже, чем у ИГБ. Аналогичное соотношение значений подтверждает и индекс незаменимых аминокислот (ИНАК), направленный на интегральную оценку количества всех НАК.

Обобщение различных подходов к оценке биологической ценности образцов позволяет отметить некоторую разницу в данных, полученных на основе использованных показателей, опирающихся на свои способы расчета.

Еще один показатель, который необходимо рассмотреть до начала гидролиза, – это молекулярный профиль и соотношение фракций пептидов в изучаемых бобовых. В таблице 23 отражены основные фракции белков гороха и чечевицы, их процентное распределение и характеристики, а также молекулярные массы соответствующих фрагментов, полученные на основании обзора литературных данных.

В эксперименте изучали распределение молекулярных масс образцов на основе применения метода Лэммли (метод гель-электрофореза в 12 % полиакриламидном геле (ПААГ) в присутствии детергента додецилсульфата натрия (SDS) [382]). При расшифровке электрофоретического профиля образцов до проведения гидролиза исходили из следующих распределений фракций по молекулярной массе для чечевицы: полипептиды диапазона 4–15 кДа соответствуют альбуминам; 20 кДа – предшественнику вицилина; 31–42 кДа – легуминам, 49 и 53 кДа – вицилинам, 60–70 кДа – кондилинам, 90–110 кДа – изоформам липоксигеназы. Также учитывали следующие соответствия к фрагментам белков в зависимости от молекулярной массы для гороха [490], кДа: гамма-вицилин 14–16; альфа-вицилин 19–20; основной легумин 22; бета+гамма-вицилин 25–30; альфа+бета-вицилин 36; кислый легумин 38–40; вицилин 48–51; конвицилин ~75; липоксигеназа 90–95.

Таблица 23 – Характеристика и состав основных фракции белков гороха и чечевицы

Название белка	Группа белка	Молекулярная масса, кДа	Доля в белках, %		Технологические свойства, используемые в пищевых системах	Характеристика свойств
			гороха	чечевицы		
Альбумины	Альбумины	13–65 (субъединицы), 50–80 (комплекс)	8–25	10–20	Эмульгирование, пенообразование, улучшение текстуры	Водорастворимые белки, богаты серосодержащими аминокислотами
Легумин (11S)	Глобулин	45–65 (субъединицы), 300–400 (комплекс)	25–40 (основная часть глобулина)	45–50 (основная часть глобулина)	Гелеобразование, формирование плотной структуры	Основной запасной белок, крупные субъединицы, средняя растворимость
Вицелин (7S)	Глобулин	47–50 (субъединицы), 150–220 (комплекс)	25–40 (основная часть глобулина)	30–40 (основная часть глобулина))	Эмульгирование, пенообразование	Второй запасной белок, содержит меньше серосодержащих АК, аллергенность, средняя растворимость
Конвицелин	Глобулин	~70 (субъединицы), 180–210 (комплекс)	5–10 (разновидность глобулина)	Менее 5 (редко)	Эмульгирование, пенообразование	Изоформа вицилина, аллергенность, средняя растворимость
Глютелины	Глютелины	~30–60	10–20	10–20	Структурообразование, вязкость	Слаборастворимый запасные белки
Примечание – Для белков гороха основная масса фракций приходится на глобулины (легумин и вицелин), далее идут альбумины и глютелины [239; 296; 349; 455; 476]. Для белков чечевицы – аналогично, наибольший вклад вносят глобулины (легумин, вицелин); альбумины и глютелины – меньшая часть [2; 4; 378; 456; 481].						

Следует отметить, что большинство данных, полученных в ходе гель-электрофореза в рамках опубликованных исследований, не учитывали при пересчете оптической плотности в силу того, что высокомолекулярные белки получают более слабое окрашивание, чем низкомолекулярные. В данном исследовании указанная проблема решалась путем наложения данных при одновременном применении двух видов стандартов (бычий сывороточный и лецитина) и конвертацией данных с учетом этой особенности.

Известно, что относительное количество или соотношение вицилина и легумина влияет на такие функциональные характеристики, как гелеобразование, эмульгирование и пенообразование [456]. Что касается функциональности в пищевых системах, то большее количество легумина гороха по сравнению с другими запасными белками способствует гелеобразованию. Напротив, вицилин характеризуется как обладающий преимуществом в пенообразующих свойствах при более высоких концентрациях, а минорная фракция белка, известная как конвицилин, присутствуя в более низких концентрациях, чем легумин и вицилин, препятствует образованию геля. Определенное соотношение пептидов, характерное для отдельного вида или сорта бобовых, позволяет формировать специфические, присущие данному продукту ФТС, которые могут способствовать более широкому использованию определенных сортов или видов в производстве пищевых продуктов.

Установлено, что образцы гидролизатов в рамках эксперимента изменяют молекулярный профиль за счет биодеструкции высокомолекулярных соединений. Это приводит к образованию нового набора средне и низкомолекулярных белков, биоактивных пептидов и свободных аминокислот, которые формируют новые ФТС полученных гидролизатов, которые требуют изучения и оценки, осуществляемых далее.

5.2 Исследование влияния степени механоферментативного гидролиза на динамику функционально-технологических свойств

В начальном блоке исследования объектом выступал изолят горохового белка (ИГБ) как продукт, максимально освобожденный от крахмальной и жировой (по сравнению с исходным сырьем) фракций. Для изучения воздействия физических факторов – механического измельчения – горох дважды пропускали через стадию помола в центро-

бежно-роликовой мельнице для получения итоговых образцов сверхтонкого (менее 40 мкм) помола с размером частиц 20 и 25 мкм. Это позволило изучить влияние физического фактора на ФТС в зависимости от степени измельчения изолята горохового белка (таблица 24).

Таблица 24 – Результаты определения ФТС для разной степени помола изолята горохового белка ($n = 3$)

Показатель	ИГБ (КО)	ИГБ (1-й помол)	ИГБ (2-й помол)
Размер частиц, мкм	52,2	25,8	20,1
Влажность, %	$5,32 \pm 0,21$	$5,63 \pm 0,21$	$5,67 \pm 0,03$
Растворимость в холодной воде, %	$56,00 \pm 1,2$	$78,23 \pm 0,24$	$78,68 \pm 0,69$
Растворимость в горячей воде, %	$59,30 \pm 1,10$	$56,7 \pm 1,11$	$59,48 \pm 1,08$
ЖУС, %	$1,86 \pm 0,09$	$1,54 \pm 0,12$	$1,60 \pm 0,39$
ВУС, %	$2,14 \pm 0,20$	$2,65 \pm 0,15$	$2,68 \pm 0,21$
Количество растворенного образца, г (1 г образца в 10 мл воды)	$0,3 \pm 0,03$	$0,16 \pm 0,01$	$0,17 \pm 0,01$
Пенообразующая способность, %	$28,91 \pm 5,10$	$44,57 \pm 1,77$	$48,89 \pm 2,10$
Пеноустойчивость, %	$76,07 \pm 4,50$	$64,44 \pm 6,10$	$68,36 \pm 9,03$
Доля термически стабильной пены, %	$22 \pm 3,22$	$29 \pm 4,17$	$33 \pm 5,12$
Эмульсионная активность, %	$66,05 \pm 2,58$	$54,22 \pm 1,92$	$49,05 \pm 0,60$
Эмульсионная стабильность, %	$67,37 \pm 3,09$	$51,59 \pm 1,44$	$41,12 \pm 1,17$
Доля термически стабильной эмульсии, %	$100 \pm 2,75$	$95 \pm 1,70$	$84 \pm 2,11$

Установлено, что механическое измельчение, в диапазонах 20–50 мкм не оказывает влияния на изменение таких свойств, как растворимость в горячей воде, ВУС и эмульгирование. Значение ЖУС снижается на 17 %, что коррелирует с показателями эмульсионной активности, стабильности эмульсии, эмульсионной термоустойчивости.

Увеличение пенообразования, растворимости в холодной воде и ВУС обусловлено в первую очередь снижением размера частиц смеси. ВУС образцов с разной степенью помола характеризует их набухаемость, и по мере уменьшения размера частиц вещества она растет. Анализ количества растворенного образца позволил сделать вывод о том, что с увеличением размера частиц активнее происходит набухание, поскольку воду удерживает только нерастворенная часть, что мешает образцу растворяться. Снижение размера частиц вдвое позволяет обеспечивать его растворимость на уровне 78 %, что на 40 % выше значений этого показателя базового образца.

Во втором блоке эксперимента объектом изучения выступал также ИГБ, который подвергался различной степени ферментативного воздействия с дальнейшей оценкой влияния ферментативной обработки на ФТС. Степень ферментативного воздействия контролировалась за счет изменения общего объема сухой массы, вносимого фермента (от 0,075 % до 2 %). Контрольный образец, с которым сравнивали образцы, – необработанный ИГБ; следующий образец 1 (0 % фермента) представляет собой результаты прохождения технологической обработки по схеме эксперимента, но без внесения фермента в смесь. Данная процедура была осуществлена для того, чтобы оценить степень комплексного технологического воздействия процесса, включая механическое измельчение и длительный нагрев на ФТС, которые проводятся совместно с процессом ферментативного гидролиза и способны повлиять на восприятие результатов эксперимента. Далее согласно схеме эксперимента были получены конечные продукты с различной степенью ферментативного воздействия на исходный белок изолята горохового белка (ИГБ 0 %, ГИГБ 0,075 %, ГИГБ 0,25 % и ГИГБ 2 %) (см. рисунок 43), результаты определения ФТС которых приведены в таблице 25.

Таблица 25 – Результаты определения ФТС для разной степени ферментативного воздействия на белки изолята горохового белка ($n = 3$)

Показатель	ИГБ (КО)	ИГБ (0 %)	ГИГБ (0,075 %)	ГИГБ (0,25 %)	ГИГБ (2 %)
Размер частиц, мкм	52,2	19,7	22,1	20,9	24,1
Влажность, %	$5,32 \pm 0,21$	$1,87 \pm 0,12$	$1,82 \pm 0,12$	$1,81 \pm 0,06$	$1,73 \pm 0,18$
Растворимость в холодной воде, %	$56,00 \pm 1,2$	$80,95 \pm 0,81$	$76,40 \pm 4,50$	$71,43 \pm 2,70$	$62,47 \pm 1,65$
Растворимость в горячей воде, %	$59,30 \pm 1,10$	$77,96 \pm 0,30$	$76,30 \pm 4,20$	$68,67 \pm 2,58$	$52,99 \pm 2,91$
ЖУС, %	$1,86 \pm 0,09$	$1,10 \pm 0,12$	$1,37 \pm 0,09$	$1,31 \pm 0,06$	$1,03 \pm 0,09$
ВУС, %	$2,14 \pm 0,20$	$2,88 \pm 0,12$	$3,13 \pm 0,36$	$2,07 \pm 0,15$	$1,75 \pm 0,06$
Количество растворенного образца, г (1 г образца в 10 мл воды)	$0,3 \pm 0,03$	$0,13 \pm 0,03$	$0,15 \pm 0,02$	$0,24 \pm 0,06$	$0,32 \pm 0,03$
Пенообразующая способность, %	$28,91 \pm 5,10$	$41,56 \pm 2,31$	$60,46 \pm 3,90$	$52,07 \pm 3,30$	$43,94 \pm 1,80$
Пеноустойчивость, %	$76,07 \pm 4,50$	$60,57 \pm 6,90$	$58,50 \pm 3,00$	$53,40 \pm 2,58$	$76,48 \pm 9,00$
Доля термически стабильной пены, %	22	25	35	28	34
Эмульсионная активность, %	$66,05 \pm 2,58$	$62,51 \pm 5,61$	$52,63 \pm 1,89$	$58,24 \pm 0,72$	$35,88 \pm 2,04$
Эмульсионная стабильность, %	$67,37 \pm 3,09$	$65,88 \pm 5,76$	$49,49 \pm 2,70$	$32,95 \pm 0,66$	$29,96 \pm 0,99$
Доля термически стабильной эмульсии, %	100	100	94	57	84

Показано, что изменение влажности происходит за счет температурного воздействия обусловленных технологией процесса. Это объясняет рост показателей растворимости гидролизированных образцов по сравнению с базовым. У гидролизатов с ростом степени ферментативного воздействия выявлена обратная зависимость с гидрофильными свойствами. Анализ результатов определения растворимости (см. таблицу 25) показал рост для образца 2 (0,075 %) с низкой степенью ферментативного воздействия, что обусловлено разворачиванием пептидной цепочки при ее деструкции и изменением гидрофильных свойств входящих белков с появлением большего количества растворимых соединений. Анализ результатов определения ЖУС показал, что термообработка изолятов белка отрицательно влияет на их ЖУС, поскольку даже при тонком измельчении данный показатель снижался не более чем на 14 %. Значение показателя ВУС растет до 3,13 % при низкой степени ферментативного воздействия, затем, по мере повышения доли низкомолекулярной фракции, снова падает до 1,75 %.

Результаты ферментативного гидролиза показали, что размер частиц у всех образцов практически постоянен. Это позволяет сделать вывод, что в этом случае изменение ФТС обусловлено только изменением молекулярной массы, как результата гидролиза. Таким образом, установлено, что изменение ФТС является результатом изменения молекулярной массы в ходе гидролиза.

По группе ФТС, характеризующих пенообразование и пеноустойчивость, самые высокие значения характерны для продуктов в начальной стадии гидролиза, затем по мере увеличения объема вносимого фермента эти показатели падают практически вдвое. Комплекс показателей, характеризующих способность образовывать эмульсии, снижается по мере увеличения степени ферментативного воздействия и как следствие снижения средней молекулярной массы образцов. Эмульсионная активность образцов снижается с ростом низкомолекулярной фракции, по объему оставшейся термостабильной пены также наблюдается снижение показателей. Что позволяет рекомендовать для использования в пищевых матрицах в качестве эмульгатора ИГБ без МФГ.

Установлено, что ФТС ИГБ с низкой степенью ферментативного воздействия значительно отличаются от остальных образцов: для него отмечается значительная растворимость в холодной и горячей воде и ВУС, его пенообразование выше вдвое, стабильность пены выше в полтора раза.

Следующий блок исследования был связан с ферментативной обработкой исходных образцов, полученных в результате помола при внесении протеаз в концентрации 2 % по стандартной 4-часовой схеме с последующей его инактивацией в течение 45 мин при 75 °С. В данном случае исследовалась уже не изолированная белковая фракция, а продукты с полной сохранностью всех пищевых макронутриентов. Поскольку образцы обрабатывались пептидазой (протосубтилином), то ферментативному гидролизу подверглась только белковая часть (см. рисунок 43). Показатели ФТС сопоставлялись для образцов, соответствующих образцов сырья: чечевицы красной (ЧК) и зеленой (ЧЗ), гороха желтого (ГЖ) и зеленого (ГЗ) до и после гидролиза (ГЧК, ГЧЗ, ГГЖ, ГГЗ) (таблица 26).

Установлено, что для всех видов сырья влажность базового образца и гидролизата снижается вдвое, что обусловлено особенностями технологического процесса. Растворимость в холодной воде фактически не меняется, но в 2–3 раза снижается растворимость в горячей воде, поскольку происходит процесс, препятствующий нормальному растворению, в том числе набухание крахмала. Незначительно ухудшается или практически не меняется ЖУС, но ВУС снижается у ГГЗ на 48 %, у ГГЖ на 27 %, у ГЧК на 19 % и только у ГЧЗ на 3 %. Установлено значительное влияние наличия углеводной фракции на значение ВУС, поскольку ИГБ в зависимости от условий показывал значения от 1,75 до 3,13, а разброс значений для муки из разных видов бобовых – от 0,93 до 1,57.

Показатели пенообразующей способности для всех видов ППБС практически неизменны, а вот показатель термической пеноустойчивости снижается в 2 раза у всех образцов, кроме ГЧЗ, что говорит о способности гидролизатов сохранять способность к образованию термически стабильной пены.

При гидролизе эмульсионная активность практически не меняется у всех образцов, кроме ГЧК (–35 %); эмульсионная стабильность растет у ГЧЗ (+49 %) и ГГЗ (+31 %), у ГГЖ незначительный рост (+18 %), для образца ГЧК показатель с учетом значений доверительного интервала условно постоянен. Важно, что показатели ЭС и ЭТС говорят о том, что если эмульсия на гидролизате ППБС сформировалась, то она фактически в полном объеме является термостабильной.

Таблица 26 – Результаты определения ФТС для базовых и гидролизovaných образцов ППБС

Показатели	ЧЗ	ГЧЗ	ЧК	ГЧК	ГЖ	ГГЖ	ГЗ	ГГЗ
Размер частиц, мкм	21,7	18,8	23,3	19,4	22,8	23,1	23,3	26,6
Влажность, %	5,93 ± 0,03	2,51 ± 0,12	5,98 ± 0,15	2,71 ± 0,09	6,09 ± 0,09	3,77 ± 0,12	6,04 ± 0,03	3,43 ± 0,03
Растворимость в холодной воде, %	66,03 ± 0,06	66,08 ± 0,06	64,26 ± 0,03	64,79 ± 0,03	59,85 ± 0,03	51,12 ± 0,03	66,18 ± 0,03	66,24 ± 0,03
Растворимость в горячей воде, %	70,53 ± 0,03	17,77 ± 0,24	68,22 ± 0,03	23,93 ± 0,03	55,75 ± 0,03	23,75 ± 0,03	58,04 ± 0,03	22,56 ± 0,03
ЖУС, %	1,15 ± 0,63	0,87 ± 0,45	1,22 ± 0,39	1,27 ± 0,12	1,34 ± 0,21	1,29 ± 0,18	1,23 ± 0,15	1,20 ± 0,03
ВУС, %	1,31 ± 0,18	1,27 ± 0,21	1,43 ± 0,06	1,17 ± 0,24	1,57 ± 0,18	1,14 ± 0,06	1,77 ± 0,18	0,93 ± 0,21
Количество растворенного образца, г (1 г образца в 10 мл воды)	0,34 ± 0,01	0,36 ± 0,01	0,24 ± 0,03	0,27 ± 0,03	0,27 ± 0,03	0,26 ± 0,03	0,23 ± 0,03	0,23 ± 0,03
Пенообразующая способность, %	50,43 ± 0,54	54,05 ± 4,59	49,43 ± 4,17	49,71 ± 4,38	44,85 ± 4,14	44,55 ± 4,56	46,58 ± 2,55	41,84 ± 4,01
Пеноустойчивость, %	52,06 ± 2,01	56,52 ± 2,55	66,86 ± 2,10	46,32 ± 5,82	80,51 ± 10,47	54,68 ± 6,75	64,38 ± 5,37	36,14 ± 4,77
Доля термически стабильной пены (после термообработки от начального объема), %	26	31	33	23	36	25	30	15
Эмульсионная активность, %	47,05 ± 1,38	45,08 ± 2,82	56,79 ± 2,61	36,63 ± 0,39	42,2 ± 2,01	41,08 ± 1,83	46,09 ± 2,52	43,7 ± 3,15
Эмульсионная стабильность, %	34,97 ± 2,04	52,40 ± 2,31	42,35 ± 2,10	41,18 ± 0,87	35,24 ± 1,17	41,58 ± 3,06	39,06 ± 1,59	50,78 ± 3,84
Доля термически стабильной эмульсии, %	74,33	100,00	74,57	100,00	83,51	100,00	84,75	100,00

5.3 Исследование динамики распределений молекулярных масс и содержания антинутриентов в ходе механоферментативного гидролиза

На следующем этапе эксперимента для соотнесения значений показателей ФТС и молекулярных масс образцов были проведены исследования по фракционированию образцов растительного сырья методом центрифугирования. Метод разделения основан на различии в молекулярных массах белков. Скорость седиментации веществ в процессе вращения в ультрацентрифуге, где центробежное ускорение достигает 5500 об/мин пропорционально их молекулярной массе. Кювету помещали в ротор ультрацентрифуги марки Z 206 А. При вращении ротора в течение 10 мин более крупные молекулы оседали в буферном растворе с большей скоростью. В результате в кювете происходит расслоение смеси белков на отдельные фракции с разной молекулярной массой. После расслоения белковых фракций со дна кюветы по каплям собирали содержимое небольшими порциями в пробирки и использовали в дальнейших исследованиях.

Для анализа общего количества белка использовали колориметрический метод (метод Лоури) [134], основанный на биуретовой реакции, с последующей фотометрией цветных продуктов реакции. Метод основан на образовании в щелочной среде окрашенного в фиолетовый цвет комплекса пептидных связей с ионами двухвалентной меди. Чувствительность метода составляет от 2 до 10 мг белка в пробе. Оптическую плотность растворов определяли с помощью фотоколориметра марки СФ-2000 с длиной волны 750 нм (таблица 27). Результаты четвертого этапа эксперимента показаны на примере чечевицы красной, по остальным образцам ППБС последовательность действий аналогична.

Таблица 27 – Результаты определения оптической плотности измеряемых растворов (на примере чечевицы красной)

Объем пробы, мкг	Оптическая плотность, Бел	Объем пробы, мкг	Оптическая плотность, Бел
10	0,1398	180	1,1070
30	0,2031	250	1,2496
50	0,2896	Чечевица красная	0,9305
70	0,3556	Гидролизат чечевицы красной	0,9601
90	0,6230		

На рисунке 46 представлены калибровочные графики для определения белка чечевицы, где по оси абсцисс отражены известные объемы проб, а по оси ординат – соответствующие им значения оптической плотности (экстинкция).

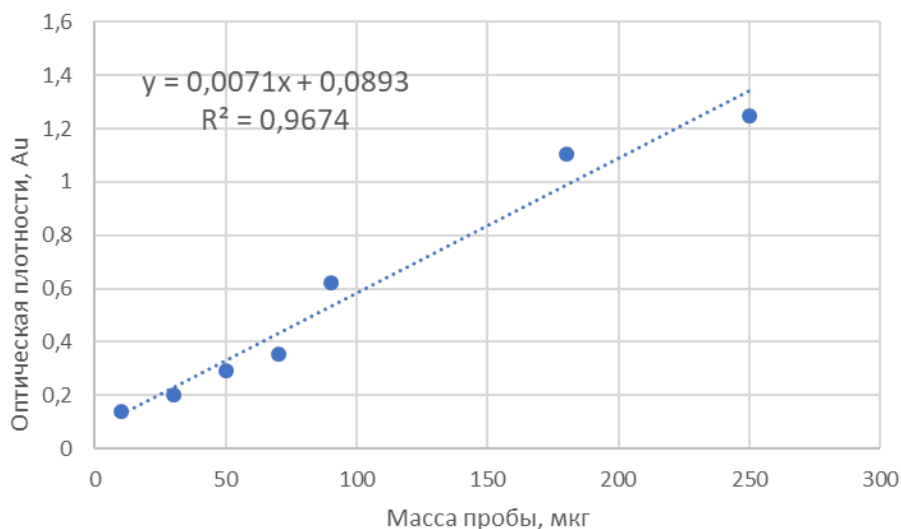


Рисунок 46 – Калибровочный график зависимости массы пробы от оптической плотности

Исходя из уравнения полученной линии тренда рассчитано количество растворимого белка:

$$y = 0,0071x + 0,0893;$$

$$x = (y - 0,0893) / 0,0071;$$

$$x = (0,9305 - 0,0893) / 0,0071;$$

$$x = 143 \text{ мкг белка в пробе.}$$

Проба составляет 10 мкл, тогда $143 \times 6,5 / 10 \text{ мкл} = 9,34 \text{ \%}$.

Итого 9,34 г растворимого белка в ЧК.

Исходя из аналогичных расчетов получено 9,62 г растворимого белка в ГЧК на 100 г сырья, при содержании в негидролизованном образце ЧК – 9,34 г растворимого белка на 100 г.

Параллельно с этим был использован еще один аналитический метода анализа белка путем определения молекулярной массы белков и пептидов исходного сырья и прошедшего стадию ферментативного гидролиза.

Для определения молекулярной массы белков и пептидов исходного сырья и прошедшего стадию ферментативного гидролиза использовали метод гель-электрофореза

в 12 % полиакриламидном геле в присутствии детергента додецилсульфата натрия по методу Лэммли (результаты представлены на примере образцов чечевицы). Метод позволяет оценить молекулярные массы белков, а также примерное их количественное соотношение. Таким образом, визуально оценивают мажорные и минорные полосы на электрофореграмме. По интенсивности окраски можно оценить их количество. Подвижность их в фореже зависит от молекулярных масс: мелкие белки быстрее продвигаются в геле, крупные – медленнее. Таким образом возможна визуальная оценка размеров и количества белков в полосках, поскольку она соответствует интенсивности окраски этих полосок. Изменение молекулярной структуры образцов в ходе эксперимента продемонстрировано на примере чечевицы красной. На рисунках 47 и 48 представлена полученная гель-хроматограмма.

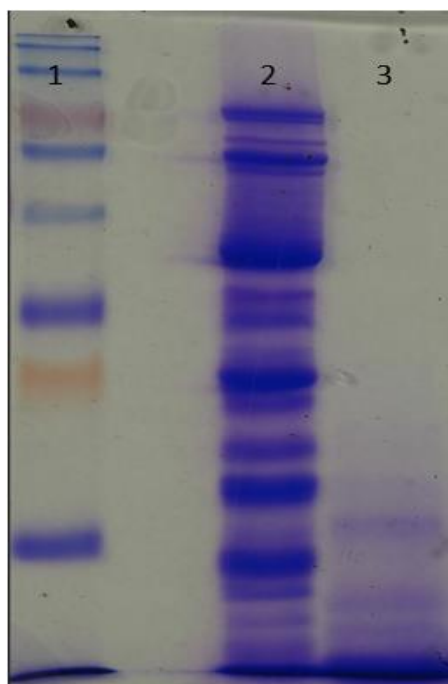


Рисунок 47 – Гель-хроматограмма:
1 – стандарт белка Protein SDS-Page Gel;
2 – ЧК с диаметром частиц
не менее 1 мм; 3 – ГЧК

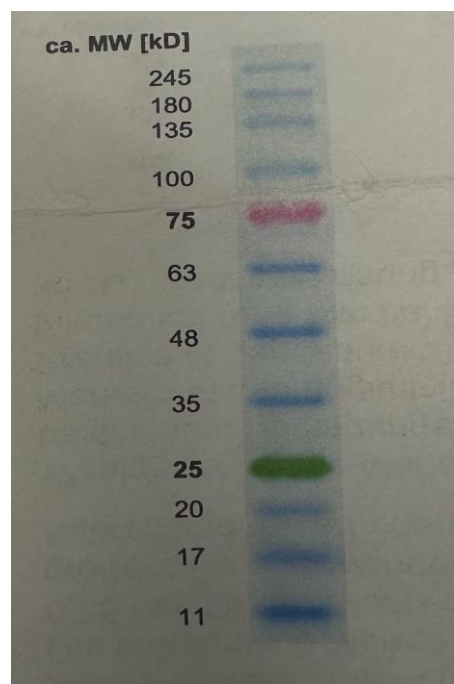


Рисунок 48 – Молекулярная масса
белков, кДа стандарта белка
Protein SDS-Page Gel

Из полученной гель-хроматограммы видно, что белки ЧК (2) расположены в хаотичном порядке с различными молекулярными массами, а белки ГЧК (3) распределены равномерно. Для детального рассмотрения молекулярных масс белков воспользовались

программой для перевода изображения в графическую модель, представленную на рисунке 48, на основе которой были рассчитаны молекулярные массы образца.

На основе молярно-массового распределения (рисунок 49) построен аппроксимированный градуировочный график (рисунок 50), определено уравнение $y = b \ln(x - a)$.

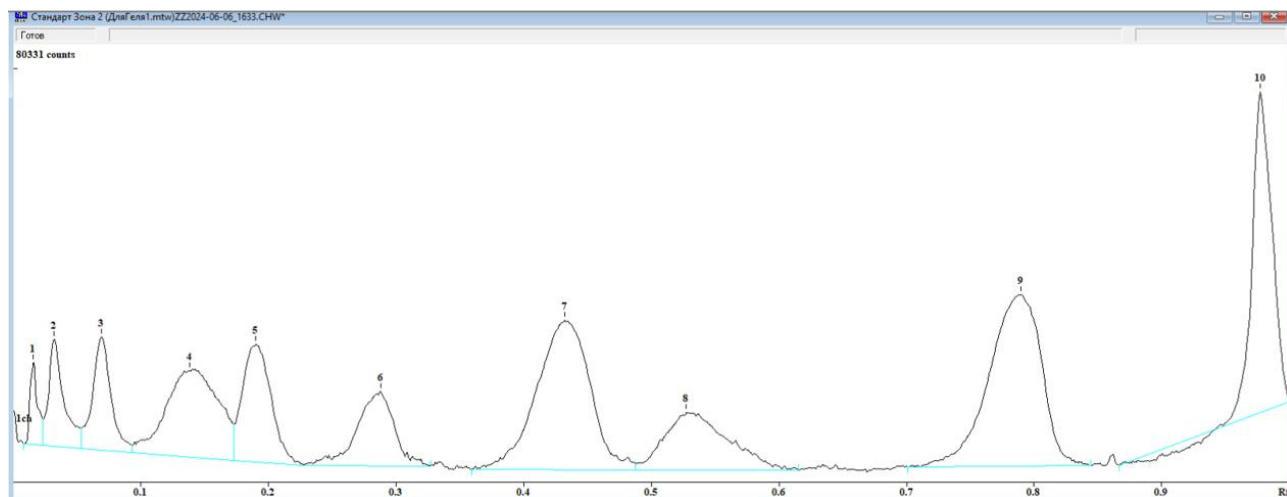


Рисунок 49 – Градуировочный график ЧК

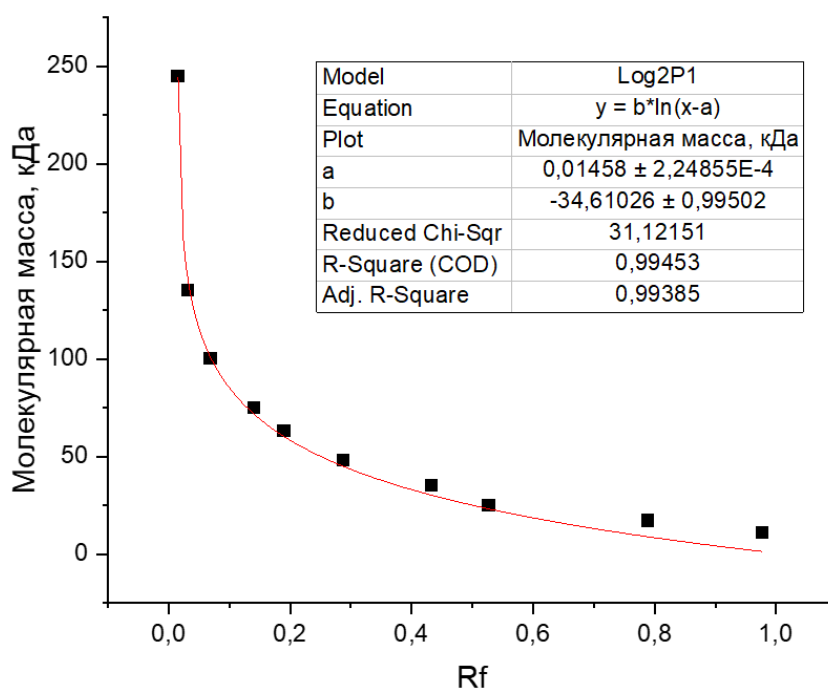


Рисунок 50 – Аппроксимированный градуировочный график

Далее по полученной формуле были рассчитаны молекулярные массы образца (таблица 28). Для определения средней молекулярной массы ГЧК провели аналогичные расчеты, представленные в таблице 29.

Таблица 28 – Распределение по фракциям и расчет средней молекулярной массы белка в образце ЧК

Номер образца	Rf	Высота counts	Площадь counts*Спе	Молекулярная масса, кДа	Доля	Вклад
1	0,1342	30313,75	1553469,50	73,5	0,059118752	4,343505
2	0,1761	11842,88	222915,50	63,1	0,008483260	0,535126
3	0,203	33810,2	1884997,50	57,8	0,071735364	4,142734
4	0,354	41289,05	5236679,50	37,4	0,199286794	7,450514
5	0,4103	16198,43	702420,50	32,1	0,026731277	0,857429
6	0,4429	16926,13	922703,00	29,3	0,035114336	1,030143
7	0,5346	37508,85	3081540,00	22,6	0,117270921	2,653199
8	0,5816	13925,08	935954,50	19,6	0,035618634	0,699218
9	0,6403	21552,29	1346841,00	16,2	0,051255309	0,831478
10	0,7045	32143,9	2644282,00	12,8	0,100630654	1,292381
11	0,8163	31863,17	3103384,00	7,6	0,118102215	0,903063
12	0,8578	15870,84	618377,00	5,9	0,023532922	0,13885
13	0,9007	7117,35	239925,00	4,2	0,009130573	0,038195
14	0,9778	68281,91	3783613,50	1,3	0,143988992	0,186693
Сумма площадей						26277102,50
Средняя молекулярная масса, кДа						25

Таблица 29 – Распределение по фракциям и расчет средней молекулярной массы белка ГЧК

Номер образца	Rff	Высота counts	Площадь counts*Спе	Молекулярная масса, кДа	Доля, %	Вклад
1	0,6897	3 599,55	264 577	13,6	0,053351732	0,725217
2	0,7545	11 097,52	975 184	10,4	0,196645042	2,049430
3	0,8708	5 436,74	297 753	5,4	0,060041645	0,322477
4	0,9824	60 172,64	3 421 594	1,1	0,689961582	0,780855
Сумма площадей						4959108,00
Средняя молекулярная масса, кДа						4

Установлено, что общее количество белка в процессе гидролиза не снижается, но меняется его качество, он становится низкомолекулярным (средняя молекулярная масса белка изменилась с 25 кДа у ЧК до 4 кДа у ГЧК). Данные электрофореза показывают, что в ЧК размер белковых частиц находится в диапазоне от 75 до 1 кДа – средне численная молекулярная масса 25 кДа. После гидролиза молекулярная масса белков находится в диапазоне от 13 до 1 кДа, а средневзвешенная молекулярная масса составляет 4 кДа. Доля

олигопептидов с молекулярной массой 1,1 кДа и менее составляет 69 %, что говорит об эффективности применения проведения механоферментативного гидролиза ЧК.

При изучении процессов гидролиза в образцах, полученных на основе цельнозерновых бобовых, было установлено снижение средневзвешенной молекулярной массы (СВММ) в 6–9 раз (таблица 30), что говорит об эффективности осуществляемой биодеструкции и достижении целей по снижению содержания антинутриентов.

Таблица 30 – Распределение молекулярных масс и содержания антипитательных веществ при гидролизе ППБС

Образец	Доля фракции, %		СВММ, кДа	ТИА, мг/г	Фитиновая кислота, мг/г
	более 20 кДа	менее 20 кДа			
ЧЗ	55,8 ± 0,3	44,2 ± 0,2	26,3 ± 0,6	4,42 ± 0,03	2,82 ± 0,14
ГЧЗ	0	100	3,9 ± 0,1	1,70 ± 0,02	0,57 ± 0,02
ЧК	51,7 ± 0,4	48,3 ± 0,2	25,2 ± 0,6	3,14 ± 0,04	2,66 ± 0,28
ГЧК	0	100	4,0 ± 0,2	1,80 ± 0,11	1,86 ± 0,02
ГЖ	63,6 ± 0,2	36,4 ± 0,5	32,1 ± 0,9	1,92 ± 0,01	1,64 ± 0,02
ГГЖ	0	100	3,6 ± 0,3	1,05 ± 0,08	0,92 ± 0,11
ГЗ	71,3 ± 0,8	28,7 ± 0,2	29,9 ± 0,2	2,47 ± 0,09	1,32 ± 0,02
ГГЗ	0	100	3,7 ± 0,2	1,05 ± 0,06	0,85 ± 0,01

Для всех образцов гидролизатов бобового сырья предлагаемая 4-часовая схема гидролиза с 2 % концентрацией фермента приводит к 100 % переходу высокомолекулярных белковых соединений в низкомолекулярные (массой не более 20 кДа), что говорит о преимущественном присутствии в гидролизатах белков с размерами, соответствующими альбуминовой и вицелиновой фракциям. По результатам исследования также доказано, что ферменты помогают снизить содержание таких сложных соединений, как фитиновая кислота и ингибитор трипсина. Например, содержание ингибитора трипсина в чечевице красной составляет: до гидролиза – 3,14 мг/г, после – 1,80 мг/г; фитиновой кислоты – 2,66 и 1,86 мг/г соответственно. Снижение фитиновой кислоты в ППБС на 30–43 % положительно влияет на биодоступность общего фосфора, кальция, магния, цинка и многих других минеральных веществ, содержащихся в ППБС, что согласуется с литературными данными [186]. В свою очередь, снижение в результате гидролиза содержания ингибитора трипсина в ППБС на 43–62 % также способствует увеличению биодоступности содержащихся нутриентов. Повышение биодоступности также подтверждается увеличением значений перевариваемости для образцов чечевицы со средних значений 72–75 % в сырье до

92–94 % в гидролизатах, для образцов гороха – со значений 63–68 % до 88–91 % в гидролизатах ППБС (приложение Б).

Средняя молекулярная масса по фракциям белка для всех экспериментальных образцов ИГБ и ГИГБ была рассчитана по аналогичной методике. Электрофореграмма образцов ИГБ и ГИГБ представлена на рисунке 51, пример градуировочного графика базового образца ИГБ – на рисунке 52.

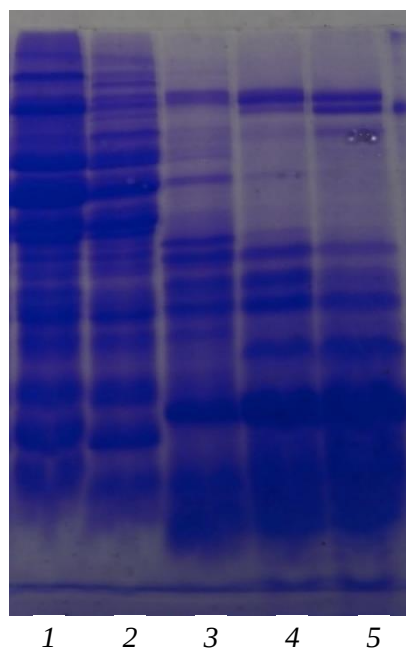


Рисунок 51 – Электрофореграмма образцов ИГБ:
1 – ИГБ (база); 2 – ИГБ (0 %); 3 – ГИГБ (0,075 %); 4 – ГИГБ (0,25 %); 5 – ГИГБ (2 %)

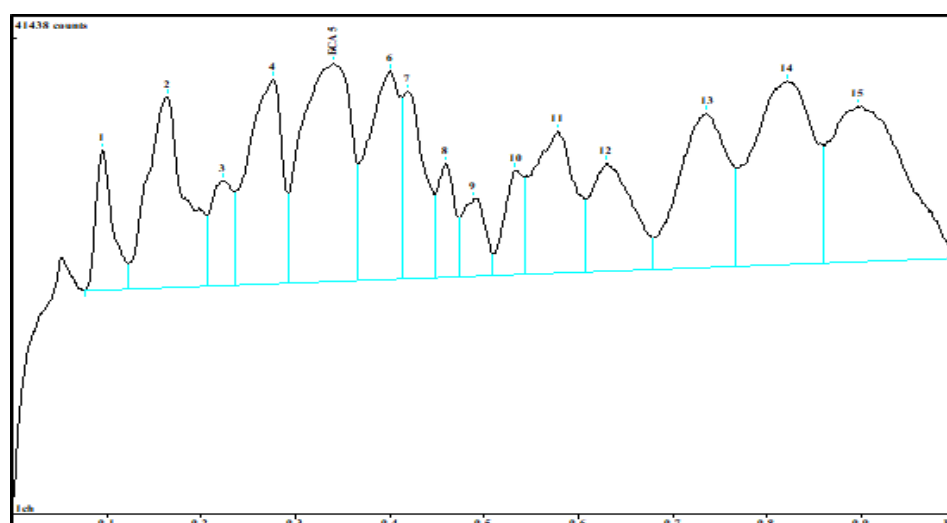


Рисунок 52 – Пример обработанной электрофореграммы для расчета площадей и концентрации для ИГБ (база)

Ниже представлен пример распределения по фракциям молекулярной массы белка для образца ИГБ (база). Распределения по низко- (менее 20 кДа), средне- (от 20 до 70 кДа) и высокомолекулярным (более 70 кДа) фракциям и СВММ для всех экспериментальных образцов ИГБ приведены в таблице 31.

Таблица 31 – Распределение по фракциям и расчет средней молекулярной массы белка в образце ИГБ (база)

No	Rf	Высота counts	Площадь counts*Спе	Молекулярная масса, кДа	Доля	Вклад
1	0,09571	12149,16	327878	193,7618214	4,3	8,396811496
2	0,1644	16600,01	995631,5	131,6362399	13,2	17,32239809
3	0,2244	9145,03	313982	93,91239316	4,1	3,897279718
4	0,2766	17807,78	965013	70,00598651	12,8	8,928988466
5	0,34	18927,11	1465223,5	48,99731791	13,8	6,762746652
6	0,4008	18117,47	903362	34,79880893	7,0	2,427417368
7	0,4196	16336,28	548432,5	40,63776466	4,6	1,867552499
8	0,4604	9870,81	264501	36,92388377	2,1	0,776915287
9	0,4911	6749,68	243667,5	34,35488766	1,9	0,642399659
10	0,5336	9073,35	284098	31,09079511	2,1	0,647549666
11	0,5779	12251,85	781824,5	28,01811032	5,5	1,538292401
12	0,6302	9312,64	624254	24,77904654	4,2	1,038108621
13	0,7349	13393,99	1029662	19,37644394	6,4	1,241415452
14	0,8212	15907	1532759,5	15,82101941	9,1	1,435619828
15	0,8991	13480,61	1579638	13,17541112	9,0	1,187318112
Сумма площадей						11859927
Средняя молекулярная масса, кДа						58,11

Установлено, что в ходе изменения концентрации вносимого фермента с 0,075 % до 2 % от массы при стандартной 4-часовой схеме гидролиза идет увеличение доли низкомолекулярных (менее 20 кДа) белков с 24,5 % до 46 %. Процесс сопровождается снижением СВММ с 62,8 до 53,3 кДа.

Данные таблицы 32 демонстрируют направленность изменения соотношений в общем объеме долей с разной СВММ. В отношении ИГБ зависимостей ФТС от степени помола не установлено, поскольку помол не затронул белок на молекулярном уровне и, соответственно, не дал изменения значений СВММ (см. таблицу 32), что говорит о недостаточности только механического измельчения для получения низкомолекулярных фракций.

Таблица 32 – Распределение молекулярных масс образцов ИГБ и ГИГБ

Образец	Средневзвешенная молекулярная масса, кДа	Доля фракции более 70 кДа, %	Доля фракции от 20 до 70 кДа, %	Доля фракции менее 20 кДа, %
Этап 1				
ИГБ (помол 1)	63,0 ± 2,2	23,6 ± 2,6	55,9 ± 4,3	20,5 ± 1,2
ИГБ (помол 2)	62,0 ± 3,8	24,6 ± 1,5	57,3 ± 2,7	19,1 ± 1,1
ИГБ (база)	62,8 ± 2,8	21,6 ± 1,7	56,9 ± 1,9	21,5 ± 1,5
этап 2				
ИГБ (база)	62,8 ± 2,8	21,0 ± 1,6	55,0 ± 3,2	24,0 ± 1,6
ИГБ (0%)	62,8 ± 2,7	21,0 ± 1,2	55,0 ± 2,9	24,0 ± 1,8
ГИГБ 0,075 %	68,2 ± 3,1	33,0 ± 2,1	44,0 ± 3,1	23,0 ± 2,9
ГИГБ 0,25 %	49,1 ± 2,9	14,0 ± 2,3	49,0 ± 2,8	37,0 ± 2,6
ГИГБ 2 %	53,3 ± 3,6	13,0 ± 3,1	41,0 ± 3,8	46,0 ± 2,9

В ходе МФГ результатом разрушения высокомолекулярных пептидных комплексов ИГБ является снижение содержания антинутриентов (таблица 33), демонстрирующее взаимосвязь со степенью гидролиза (количеством внесенного фермента) (рисунок 53).

Таблица 33 – Динамика снижения антинутриентов в образцах в ходе МФГ

Показатель	ИГБ (0 %)	ГИГБ 0,075 %	ГИГБ 0,25 %	ГИГБ 2 %
До МФГ				
ТИА, мг/г	7,60 ± 0,46			
Фитиновая кислота, мг/г	0,90 ± 0,04			
После МФГ				
ТИА, мг/г	7,5 ± 0,56	7,30 ± 0,49	7,10 ± 0,42	6,80 ± 0,38
Фитиновая кислота, мг/г	0,82 ± 0,04	0,76 ± 0,03	0,68 ± 0,03	0,60 ± 0,03
Снижение ТИА, %	1,32 ± 0,06	3,95 ± 0,17	6,58 ± 0,32	10,53 ± 0,51
Снижение содержания фитиновой кислоты, %	8,89 ± 0,43	15,56 ± 0,83	24,44 ± 1,23	33,33 ± 1,72

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что в ходе МФГ при внесении 2 % фермента содержание ингибиторов протеазы в ИГБ снижается на 10 %, а содержание фитиновой кислоты на 33 %. Также для образцов гидролизатов отмечается увеличение показателя перевариваемости с 84 % в базовом ИГБ до 99 % в ГИГБ (2 %), что соотносится с количеством внесенного в образцы фермента (приложение Б).

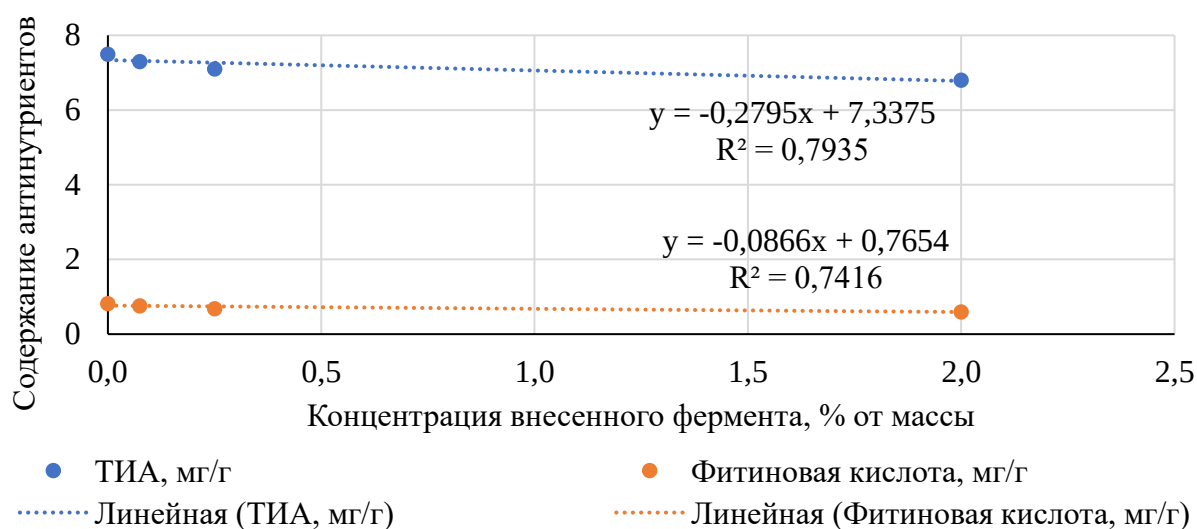


Рисунок 53 – Зависимость антинутриентов и количества внесенного Протосубтилина А 250 ГЗх (на примере гидролизатов ИГБ)

Сопоставление результатов образцов с разной степенью гидролиза, свидетельствует не только о факте увеличения низкомолекулярной фракции (гидролиз), но и о нелинейном его протекании (рисунок 54).

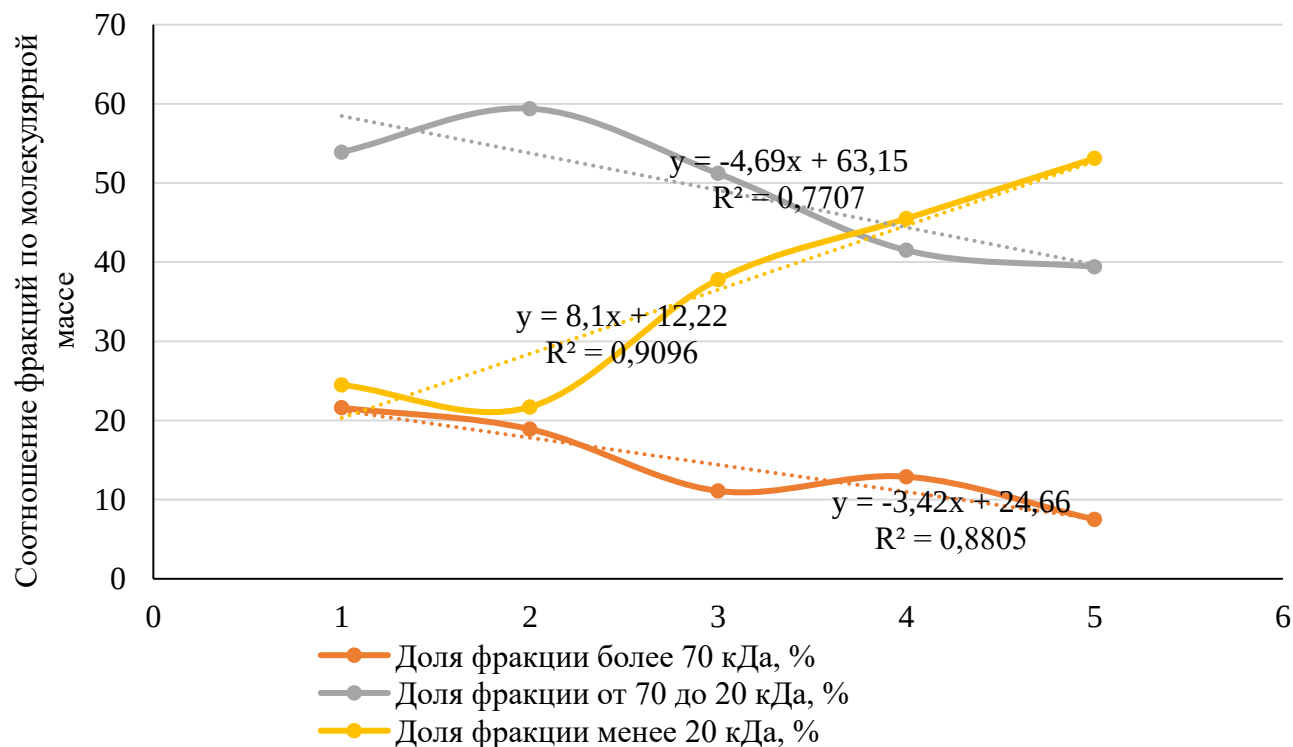


Рисунок 54 – Зависимость изменения фракций по молекулярной массе белка от степени ферментативного воздействия

Установлено, что внесенный фермент не действовал по варианту поступательного разрушения структуры белка. В этом случае гидролиз проходил бы во всех фракциях равномерным образом и соотношение всех долей молекулярных масс не менялось бы, давая неизменную структуру при снижении СВММ.

В ходе эксперимента гидролиз происходил по более сложно-прогнозируемому варианту (см. рисунок 54), что свидетельствует о хаотичном протекании процесса разрыва белковых цепочек и этим объясняется, например, увеличение доли высокомолекулярных белков в ГИГБ (0,075 %) – 33 %, при внесении ферментов по сравнению с ИГБ (0) – 21 %. Это может объясняться тем, что протеазы *Bacillus subtilis* проявляют невысокую специфичность действия. Поскольку протеазы *Bacillus subtilis* синтезирует несколько различных протеаз, каждая из которых может обладать немного разными свойствами, то Протосубтилин А 250 ГЗх. не имеет выраженной селективности к определенным аминокислотным последовательностям в белковой молекуле и расщепляет белки не придерживаясь определенных строгих правил в отношении последовательности аминокислот, которые они могут гидролизовать.

В технологических решениях, где требуется высокая точность расщепления белков, протеазы *Bacillus subtilis* не являются наилучшим выбором. В перспективе при использовании МФГ для преимущественного получения определенной группы пептидов с заданной молекулярной массой целесообразно будет рассмотреть применение протеазы или их комплекса с более высокой специфичностью, например, полученных из других микроорганизмов или разработанных путем инженерного мутагенеза.

С этих позиций определенный интерес представляет вопрос прогнозирования получения биологически активных пептидов (БАП) путем МФГ на основе БСППБС.

5.4 Прогнозирование получения биологически активных пептидов в ходе механоферментативного гидролиза растительных белков (*in silico*)

Данный этап исследования представлен на примере изолята горохового белка. В общем виде биологически активные пептиды (БАП) представляют собой короткие фрагменты белков, обладающие разнообразными физиологическими эффектами, такими

как антиоксидантная, антигипертензивная, противовоспалительная и иммуномодулирующая активность [451]. В современных биотехнологиях процесс получения БАП часто реализуется через ферментативный гидролиз белков растительного сырья, причем одним из наиболее перспективных источников являются бобовые культуры. Спектр применяемых специфических ферментов (протеаз) достаточно широк, например, трипсин, пепсин, химотрипсин или специфические микроорганизменные протеазы, в том числе протеазы *Bacillus subtilis*, и их выбор определяет возможность получать пептиды с требуемыми молекулярными массами и биологической активностью [306]. Белковый концентрат бобовых, подвергнутый ферментативному гидролизу, позволяет сформировать короткие пептиды, обладающих стабильной и функциональной структурой [353]. Такие полученные биологически активные пептиды из бобового сырья потенциально применимы в пищевой промышленности как функциональные ингредиенты, повышающие питательную ценность продуктов, а также в фармакологии и нутрицевтике как компоненты для профилактики и лечения различных заболеваний.

В рамках исследования было осуществлено биоинформатическое моделирование осуществляемого на основе использования аналитического инструмента базы данных BIOPER-UWM [294], которое позволило спрогнозировать ферментативные изменения белков ИГБ.

Для визуализации структуры белка гороха, позволяющей наглядно отображать последовательность аминокислотных цепочек и их расположение в пространстве, использовали сайт SWISS-MODEL (<https://swissmodel.expasy.org>), в который загружали ранее скопированные на сайте Национального центра биотехнологической информации NCBI (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov>) FASTA-тексты.

База данных биоактивных пептидов BIOPER-UWM [294] была использована для определения механизма действия ферментов протеолитического действия на структуру ИГБ. При работе с базой данных BIOPER-UWM получен результат ферментативного в активности (рисунок 55) в виде аминокислотной последовательности образцов белка (знаком «—» обозначены места ферментативного разрыва пептидной связи). К анализируемым объектам относились воздействующие на структуру белка ферменты (протеазы *Bacillus subtilis*) и сам белок гороха.

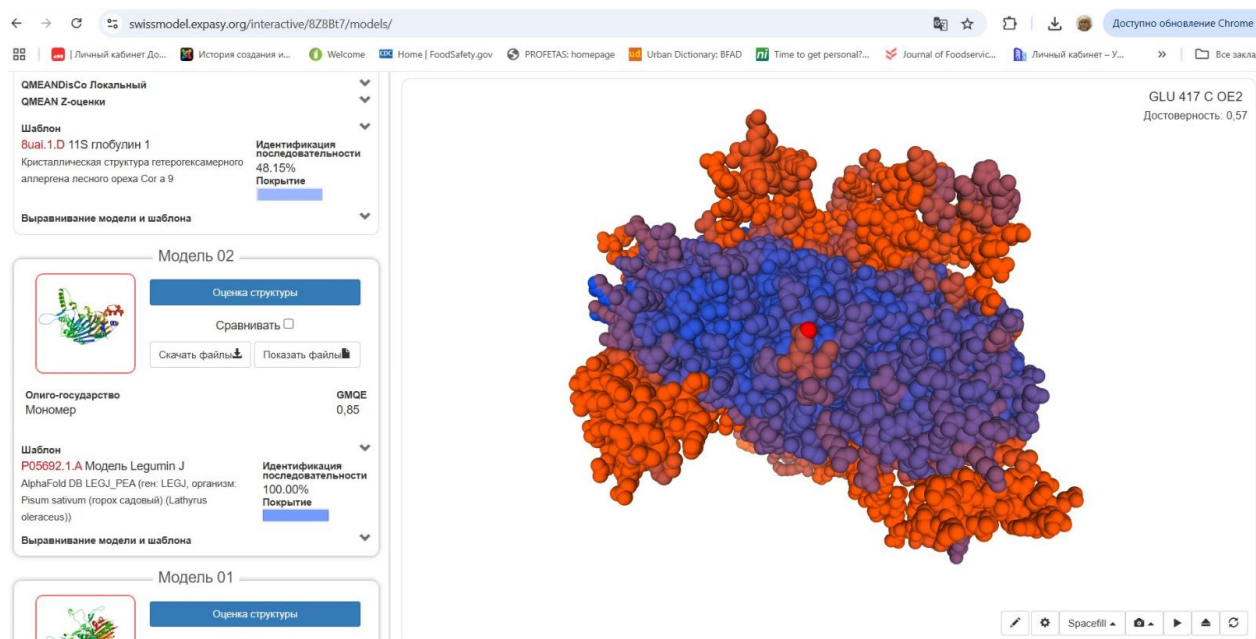


Рисунок 55 – 3D-визуализация структуры белка гороха

В полученных результатах ферментативного воздействия (рисунок 56) используется однобуквенное обозначение аминокислот. Как видно из смоделированных *in silico* данных, результатом действия ферментов являются короткие цепочки аминокислот, характеризующиеся повышенной степенью усвояемости и обладающие биоактивными свойствами (полный перечень указывается в выгружаемом файле Excel) (приложение E).

**Katedra
Biochemii
Żywności**

BIOPEP-UWM: Report of enzyme action

Results of enzyme action

I - P - YWTYNHGDE - P - L - V - AI - S - L - L - DT -
SNIAN - Q - L - D - ST - P - RV - FY - L - GGN - P -
ETEF - P - ET - Q - EE - Q - Q - GRHR - Q - KH - SY -
P - V - GRR - SGHH - Q - Q - EEE - SEE - Q - NEGN -
SV - L - SGV - S - SEF - L - A - Q - TFNTEEDTAKR -
L - R - S - P - RDER - S - Q - IV - RV - EGG - L - RIIN
- P - KGKEEEEEKE - Q - SH - SH -
SHREEEEEEEEEEEK - Q - R - SEERKNG - L -
EETIC - SAKIRENIADAAGAD - L - YN - P -
RAGRIRTAN - S - L - T - L - P - V - L - RY - L - R - L -
SAEYV - R - L - YRNGIYA - P - HWNINAN - S - L - L -
- YV - IRGEGRV - RIV - NF - Q - GDAV - FDNKV -
RKG - Q - L - V - V - V - P - Q - NFV - V - AE - Q -
AGEEEG - L - EYV - V - FKTNDRAAV - SHV - Q - Q -
- V - L - RAT - P - AEV - L - ANAFG - L - R - Q - R - Q -
- V - TE - L - K - L - SGNRG - P - L - V - H - P - Q - S -
Q - S - Q - SH

Search for active fragments CALCULATE A_E , DH_t

Рисунок 56 – Результат ферментативного воздействия

Далее были рассмотрены свойства высвобожденных биоактивных пептидов с использованием базы данных BIOPER-UWM, данные представлены в таблице 34.

Таблица 34 – Биоактивные свойства высвобожденных пептидов

Структура пептидов	Аминокислотный состав	Проявляемая активность
AE	Аланин, глутаминовая кислота	Ингибитор глутаматкарбоксипептидазы II, ингибитор неприлизина, ингибитор ДПП IV
AI	Аланин, изолейцин	Ингибитор АПФ
EE	Глутаминовая кислота (2 молекулы)	Стимулирующая функция, ингибитор глутаматкарбоксипептидазы, ингибитор глутаматкарбоксипептидазы II, ингибитор цитратлиазы деацетилазы, ингибитор тимидилатсинтазы
EEE	Глутаминовая кислота (3 молекулы)	Стимулирующая функция, ингибитор глутаматкарбоксипептидазы II
ET	Глутаминовая кислота, треонин	Ингибитор ДПП IV
FY	Фенилаланин, тирозин	Ингибитор АПФ, ингибитор альфа-амилазы, ингибитор альфа-глюкозидазы, гипотензивный, антиоксидант
IV	Изолейцин, валин	Стимулирующая функция
KN	Лизин, гистидин	Ингибитор ДПП IV
NF	Аспарагин, фенилаланин	Ингибитор АПФ, ингибитор ДПП IV
RV	Аргинин, валин	Ингибитор ДПП III
RY	Аргинин, тирозин	Ингибитор АПФ, антиоксидант
SH	Серин, гистидин	Ингибитор ДПП IV
ST	Серин, треонин	Ингибитор АПФ
SV	Серин, валин	Ингибитор ДПП IV
SY	Серин, тирозин	Ингибитор АПФ, ингибитор ДПП IV
TE	Тирозин, глутаминовая кислота	Ингибитор ДПП IV, ингибитор АПФ
YN	Тирозин, аспарагин	Ингибитор ДПП IV, ингибитор АПФ
YV	Тирозин, валин	Ингибитор ДПП IV, ингибитор АПФ

Как видно из таблицы, биоактивные пептиды действуют как многофункциональные биорегуляторы формируя целый комплекс воздействий на организм человека:

– ингибитор дипептидилпептидазы (ДПП IV замедляют разрушение инкретинов, усиливая их действие и улучшая регуляцию уровня глюкозы в крови, что актуально для терапии сахарного диабета;

– ингибитор ангиотензинпревращающего фермента (АПФ) способствует снижению образования ангиотензина II – вещества, повышающего кровяное давление, что делает такие пептиды полезными для контроля артериальной гипертензии;

– ингибитор глутаматкарбоксипептидазы и ингибитор глутаматкарбоксипептидазы II – оказывают влияние на метаболизм глутамата и связанные с ним процессы, что важно для нервной системы и клеточного обмена;

– ингибитор цитратлиазы деацетилазы обеспечивает влияние на энергетический метаболизм и регуляцию ацетилирования белков, что важно для клеточного гомеостаза;

– ингибитор тимидилатсинтазы может замедлять синтез ДНК в клетках, что важно для подавления избыточного деления клеток, например, в противоопухолевой терапии;

– ингибитор неприлизина повышает концентрацию и активность полезных вазоактивных пептидов в организме, что ведет к улучшению сосудистой функции, снижению артериального давления, защите сердца и улучшению обмена веществ, особенно углеводного обмена;

– стимулирующий эффект биоактивных пептидов выражается в способности стимулировать пролиферацию и дифференцировку клеток, способствуя восстановлению тканей и органов, улучшая метаболизм и синтез белков;

– антиоксидантное действие отражается в способности ингибировать перекисное окисление липидов в клетках, что уменьшает повреждение клеточных структур и мембран свободными радикалами и, как следствие, способствует снижению возрастных изменений и улучшению клеточного здоровья.

Для получения пептидов с заданными свойствами и широким спектром биологической активности необходимы дополнительные аргументы и исследования при обосновании выбора ферментов и их смесей, обладающих целевой сайт-специфичностью.

В то же время получаемые гидролизаты обладают ФТС и соотношением групп пептидов с разной СВММ (пептидный профиль образцов). Это положение легло в основу исследования наличия связей между показателями ФТС и преимущественным содержанием в образцах высоко-, средне- и низкомолекулярных фракций.

5.5 Определение взаимосвязи между показателями функционально-технологических свойств и степенью ферментативного воздействия

В ходе заключительного блока эксперимента полученные в ходе его реализации результаты, отражающие особенности осуществления МФГ, представленные на примере ИГБ, были рассмотрены для установления значимых взаимосвязей между показателями ФТС и распределением пептидов по фракциям, выделенным по СВММ. Для этих целей была проведена математическая обработка массива полученных экспериментальных данных, характеризующих ФТС образцов и значений СВММ и долей низко- (НМФБ – менее 20 кДа) и высокомолекулярной (ВМФБ – более 70 кДа) фракций.

Доля ВМФБ связана с прямо пропорционально с растворимостью в холодной воде и эмульсионной активностью (рисунок 57).

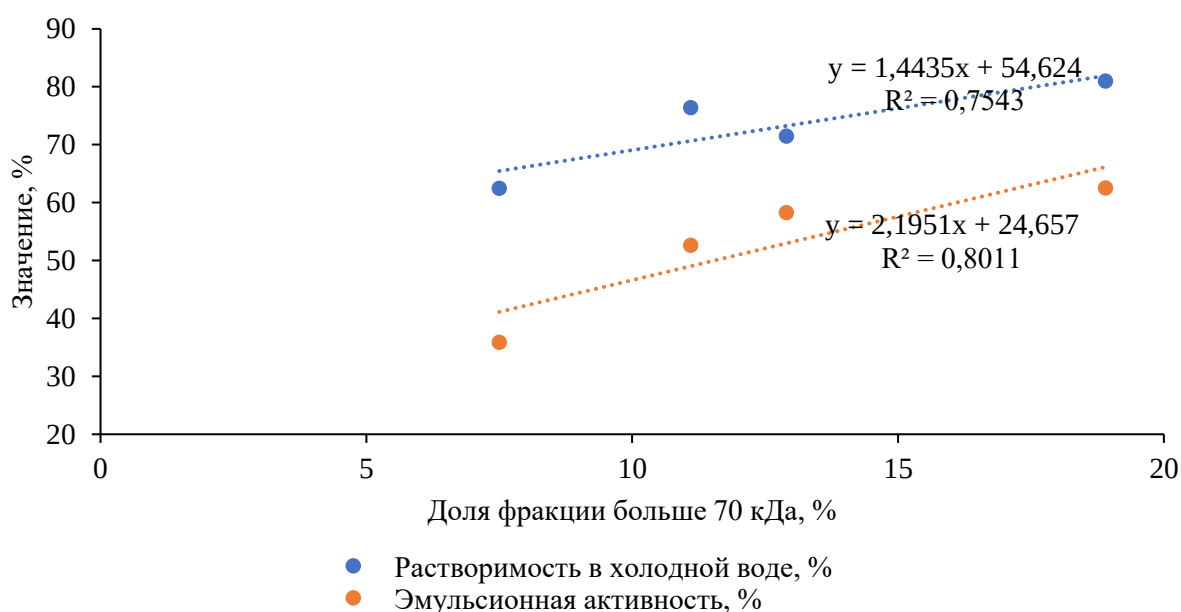


Рисунок 57 – Зависимость растворимости в холодной воде и эмульсионной активности от доли ВМФБ белка ИГБ при МФГ

Средневзвешенная молекулярная масса связана прямо пропорционально с эмульсионной стабильностью (рисунок 58).

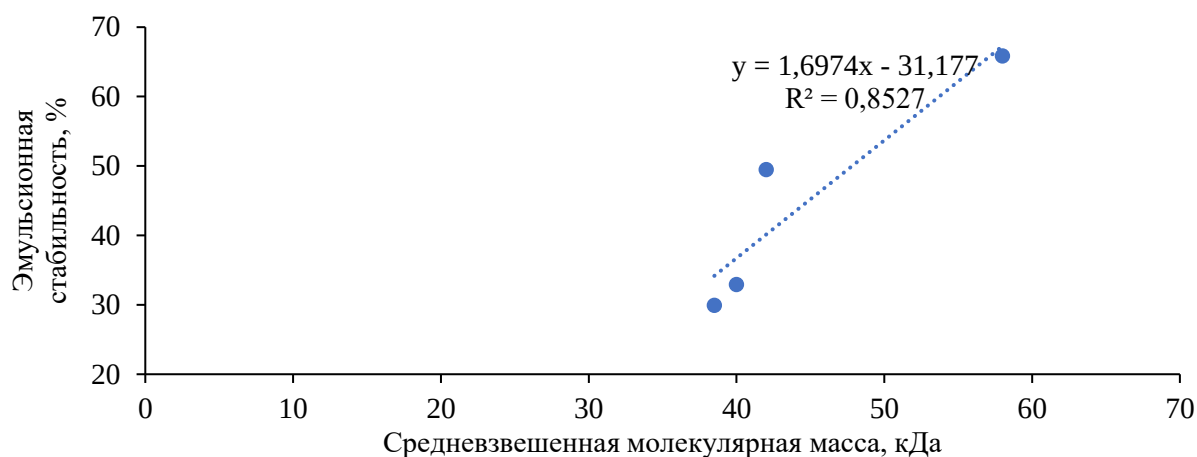


Рисунок 58 – Зависимость эмульсионной стабильности от СВММ белков ИГБ при МФГ

Для НМФБ (менее 20 кДа) установлена обратно пропорциональная зависимость с показателями растворимости в холодной и горячей воде (рисунок 59). Установленная ранее прямо пропорциональная зависимость с ВМФБ (см. рисунок 57) говорит о том, что более высокомолекулярные белки лучше удерживают воду.

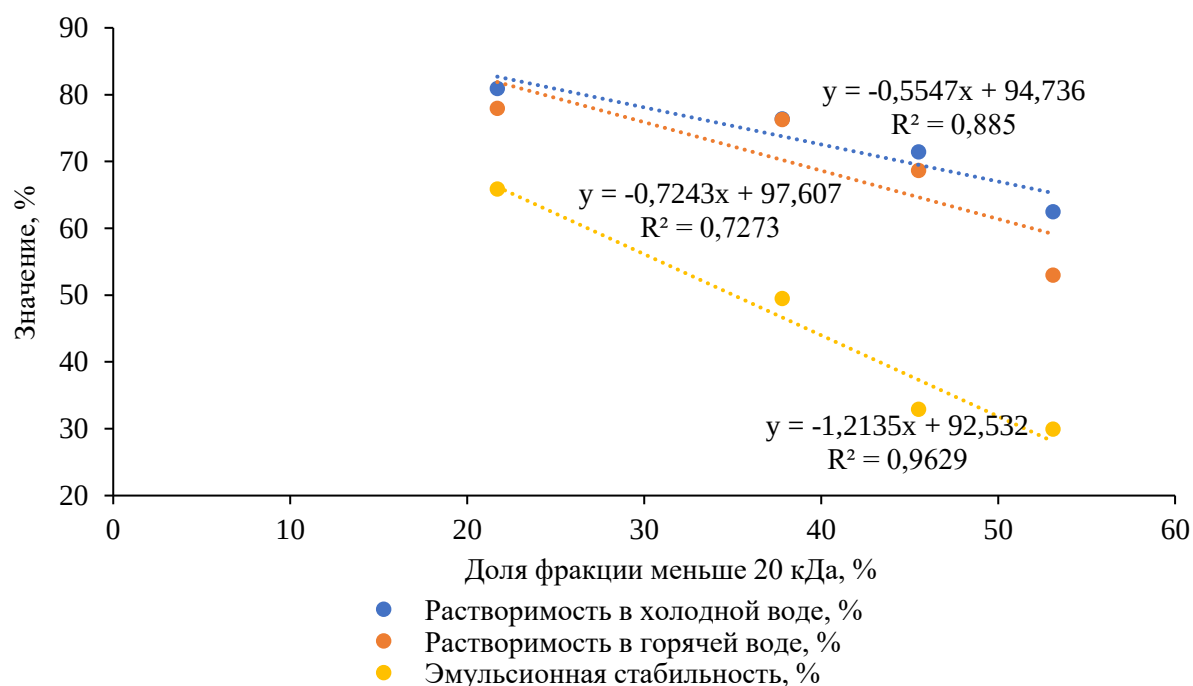


Рисунок 59 – Зависимость гидрофильных свойств от доли НМФБ белков ИГБ

С количеством растворенного белка отмечается прямо пропорциональная зависимость (рисунок 60). Разнонаправленность с ранее указанными свойствами, может свидетельствовать об особенностях осуществления процессов набухания (прямо пропорциональная связь с ВУС) и растворимости.

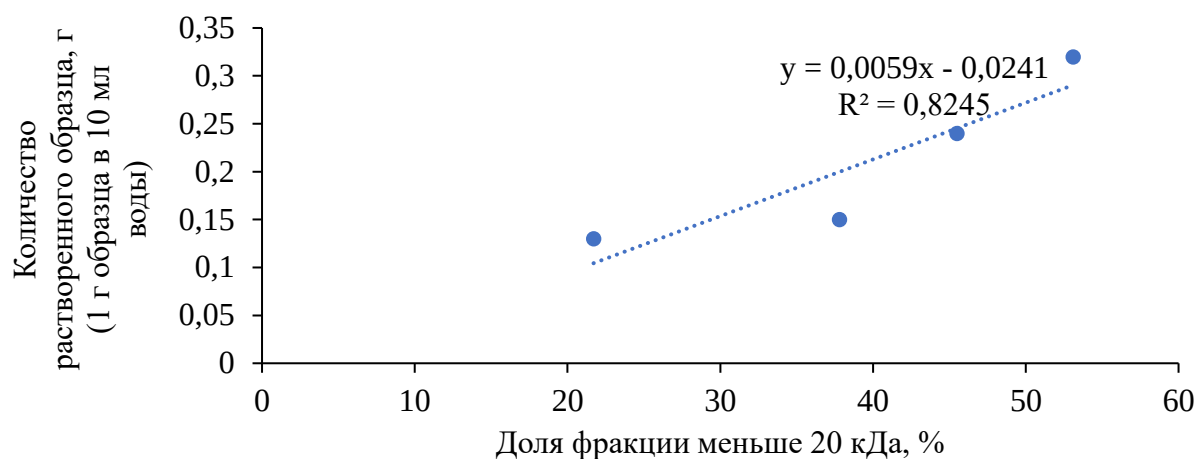


Рисунок 60 – Зависимость количества растворенного образца от доли НМФБ белков ИГБ

В ходе математической обработки данных для образцов ИГБ была установлена корреляционная зависимость между показателями ВУС, растворимостью в холодной и горячей воде и количеством растворенного белка:

- между ВУС и СВММ коэффициент корреляции составил 0,91;
- между ВУС и долей НМФБ – 0,98;
- между ВУС и долей ВМФБ – 0,91;
- между растворимостью в холодной воде и долей НМФБ – 0,95;
- между растворимостью в горячей воде и долей НМФБ – 0,96;
- между количеством растворенного белка и долей НМФБ – 0,99;
- между количеством растворенного белка и СВММ – 0,77.

Установленные коэффициенты корреляции свидетельствуют о сильной зависимости между указанными показателями. Разнонаправленность связи показателей с указанными свойствами, может свидетельствовать об особенностях осуществления процессов набухания и растворимости, но более детальные выводы требуют дальнейшего экспериментального изучения.

Далее была изучена зависимость ФТС между собой. Установлено, что растворимость в горячей и в холодной воде прямо пропорционально связаны между собой (рисунок 61) с коэффициентом пропорциональности 0,67, что означает, что соотношение между белком, растворимым в холодной горячей воде, не меняется и остается в соотношении 3:2. Следующая установленная зависимость показывает, что растворимость в холодной воде прямо пропорционально связана с ВУС, эмульсионной активностью и эмульсионной стабильностью.

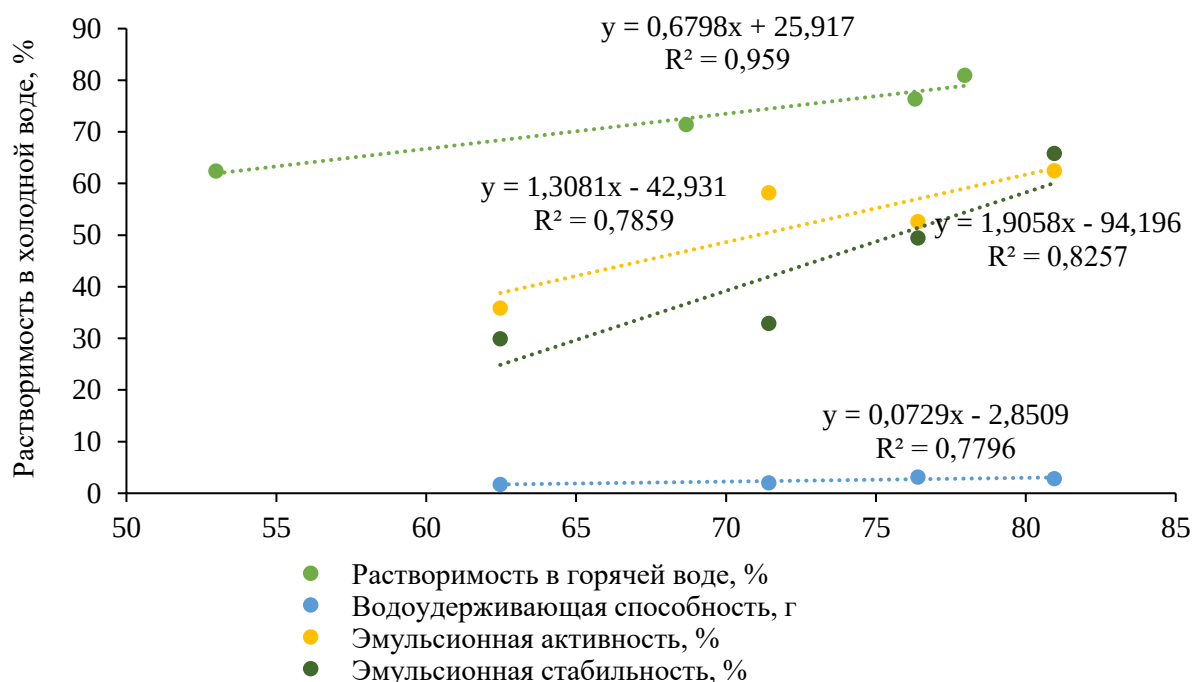


Рисунок 61 – Взаимосвязь растворимости в холодной воде с растворимостью в горячей воде, ВУС и показателями эмульсионной активности и стабильности белков ИГБ при МФГ

Зависимость растворимости с эмульсионной активностью прямо пропорциональная и соблюдается и для холодной, и для горячей воды (рисунок 62), поскольку их взаимосвязь была определена выше (см. рисунок 61). Также подтвердилась связь между растворимостью в горячей воде и ВУС.

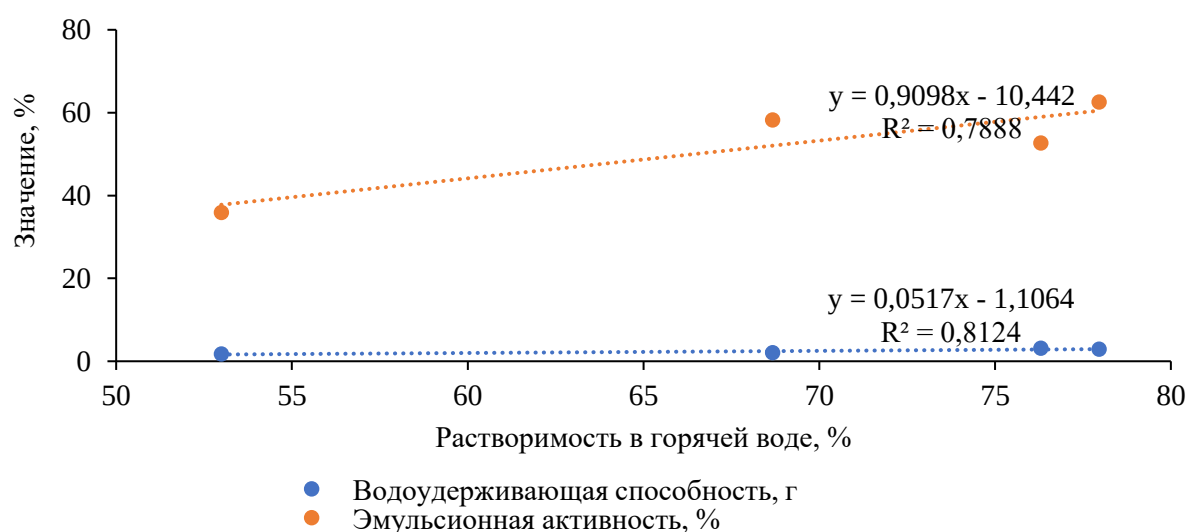


Рисунок 62 – Зависимости между показателями растворимости в горячей воде, ВУС и эмульсионной активностью белков ИГБ при МФГ

Еще одна связь, установленная между свойствами ИГБ при МФГ, – это обратная связь между пеноустойчивостью и эмульсионной активностью, что говорит о рассогласованной направленности изменения этих ФТС (рисунок 63).

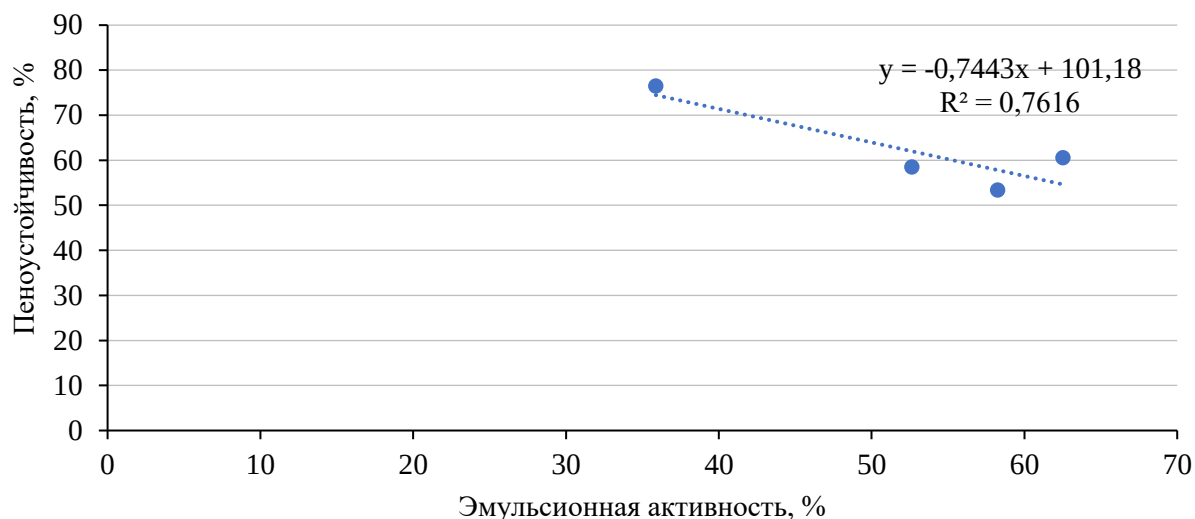


Рисунок 63 – Взаимосвязь между пеноустойчивостью и эмульсионной активностью белков ИГБ при МФГ

Таким образом, исходя из установленных зависимостей, от распределения по фракциям и значений СВММ ИГБ зависят следующие ФТС: ВУС и гидрофильные свойства (растворимость в горячей и холодной воде и общее количество растворенного белка). Такие свойства, как пенообразующая способность, пеноустойчивость, эмульсионная активность и эмульсионная стабильность, не имеют зависимости от молекулярной массы ИГБ и с высокой долей вероятности эти зависимости могут быть распространены на иные виды изолятов бобового сырья. Установленная связь между ФТС, значениями СВММ и долями отдельных фракций, позволяет обосновать подбор ППБС с известным распределением молекулярных масс для целевого введения в пищевую матрицу для формирования заданных технологических эффектов (лучшего пенообразования, растворимости, ЖУС и пр.).

Выводы по пятой главе

В данном разделе доказано, что примененный метод МФГ (Протосубти-лин А-250, температура 55 °С, рН 6,7–7,2, продолжительность инкубации 120 мин с контролем соотношения фермента и субстрата) позволил добиться увеличения доли количества водорастворимых веществ, в том числе коротких пептидов и аминокислот, что, в свою очередь, способно обеспечить повышение пищевой и биологической ценности разрабатываемых на основе гидролизатов пищевых продуктов, ввиду снижения содержания антипитательных веществ и увеличения доли низкомолекулярных пептидов и аминокислот в содержащемся белке. Механо-ферментативный гидролиз разных видов бобового сырья, проводимый при 55 °С приводит к накоплению в получаемых гидролизатах наибольшего количества аминокислот, а также всех компонентов фракций стойкорастворимых белков, не коагулируемых при кипячении (альбумоз, пептонов, полипептидов и аминокислот), т. е. накапливаются продукты распада, максимально обеспечивающие такое функционально – технологическое свойство, как пенообразование. Факт изменения распределения белков по молекулярной массе в структуре содержащихся в гидролизате пептидов, обусловленный результатами ее ферментативного гидролиза улучшают усвоение белка за счет повышения доли низкомолекулярной фракции и может быть наглядно отражен в ходе оценки методом электрофореза белков в полиакриламидном геле

Установлено, что механическое измельчение, в диапазонах 20–50 мкм, не оказывает влияния на изменение таких свойств как: растворимость в горячей воде, ВУС и эмульгирование.

Установлено, что ФТС ИГБ с низкой степенью ферментативного воздействия значительно отличаются от остальных образцов: для него отмечается значительная растворимость в холодной и горячей воде и ВУС, его пенообразование выше вдвое, стабильность пены выше в полтора раза. Для использования в пищевых матрицах в качестве эмульгатора лучше значения показателей демонстрирует исходный образец.

Установлено, что образцов из цельнозернового бобового сырья растворимость в холодной воде фактически не меняется, но в 2–3 раза снижается растворимость в горячей воде, незначительно ухудшается или практически не меняется ЖУС, но ВУС снижается в случае с гидролизатом гороха зеленого (ГГЗ) на 48 %, у гидролизата гороха желтого

(ГГЖ) на 27 %, у гидролизата чечевицы красной (ГЧК) на 19 % и только у гидролизата чечевицы зеленой (ГЧЗ) – на 3 %. Показатели пенообразующей способности для всех видов ППБС практически неизменны, т показатель термической пеноустойчивости падает в 2 раза у всех образцов, кроме ГЧЗ, что говорит о способности гидролизатов сохранять способность к образованию термически стабильной пены.

При гидролизе эмульсионная активность практически не меняется у всех образцов, кроме ГЧК (–35 %); эмульсионная стабильность растет у ГЧЗ (+49 %) и ГГЗ (+31 %), у образца ГГЖ – незначительный рост (+18 %).

Доказано, что ферменты помогают разбить сложные соединения, содержащиеся в ППБС, такие как пептиды, фитиновая кислота и ингибитор трипсина. Снижение значения фитиновой кислоты в ППБС в ходе гидролиза на 30–43 % положительно влияет на биодоступность общего фосфора, кальция, магния, цинка и многих других минеральных веществ, содержащихся в ППБС. В свою очередь, снижение содержания ингибитора трипсина в ППБС на 43–62 % в результате гидролиза также способствует увеличению биодоступности содержащегося белка. Эффективность использования МФГ для повышения биодоступности ППБС подтверждена в условиях модельной среды желудка, что является закономерным следствием происходящих в белковой молекуле глубоких структурных и физико-химических изменений.

В ходе математической обработки данных для образцов ИГБ была установлена корреляционная зависимость между показателями ВУС, растворимостью в холодной и горячей воде и количеством растворенного белка и показателями, характеризующими пептидную структуру белка: СВММ, долей НМФБ и долей ВМФБ.

Установленные зависимости также позволяют обосновать концентрацию внесения протеаз в бобовое сырье для получения в ходе осуществления 4-часового гидролиза ППБС с преимущественным содержанием фракции с целевыми значениями распределения диапазонов молекулярных масс.

Установленная связь между ФТС, значениями СВММ и долями отдельных фракций, позволяет обосновать подбор ППБС с известным распределением молекулярных масс для целевого введения в пищевую матрицу для формирования заданных технологических эффектов (лучшего пенообразования, растворимости, ЖУС и пр.). Установленные зависимости также позволяют обосновать концентрацию внесения протеаз в бобовое сырье для получения в ходе осуществления 4-часового гидролиза ППБС с преимуществен-

ным содержанием фракции с целевыми значениями распределения диапазонов молекулярных масс.

Методика МФГ, применима как к изолированной или концентрированной фракций белка бобовых продуктов, так и для продуктов из цельнобобового сырья, что открывает возможности для создания гипоаллергенных и функциональных пищевых ингредиентов с улучшенной технологичностью, биодоступностью и вкусовыми свойствами. У получаемых в ходе МФГ гидролизатов можно выделить следующие общие свойства: высокая физиологичность; отсутствие аллергенных, токсичных свойств; сниженная антигенность; нейтральный вкус; потенциал к хорошему усвоению в организме человека.

6 Использование продуктов переработки растительного белкового сырья в различных пищевых системах

6.1 Формирование карты последовательности действий при разработке рецептур и технологии продуктов на основе бобового сырья

В рамках решения задачи по разработке рецептур и технологии производства продуктов на основе изолятов и гидролизатов растительного белка, с учетом методологии проектирования белковосодержащих пищевых систем (см. рисунок 42) на основе разработанной унифицированной системы оценки качества их ФТС и концепции нутриентной плотности предложены и апробированы блок-схема этапов разработки нового продукта (рисунок 64) и система принятия решений, позволяющая осуществлять проектирование рецептур и технологии производства продуктов с использованием БСППБС (рисунок 65).

Блок-схема отражает основные шаги, необходимые для реализации целевых задач от выбора сырья до корректировки итоговой рецептуры.

Практическая реализация этапов блок-схемы опирается на проект технологической карты, который содержит:

- перечень сырья с точным наименованием и нормами расхода;
- последовательность технологических операций с указанием параметров (температура, время, режимы обработки);
- технологическую схему;
- описание технико-технологических требований – технического задания к готовому продукту (органолептические, физико-химические показатели);
- меры по обеспечению безопасности производства (санитарно-гигиенические нормы, предупреждение брака), в том числе потенциальные ККТ и КТ.

Особое внимание уделяется этапу предварительной подготовки и способу обработки бобового сырья, так как это влияет на качество конечного продукта. В зависимости от вида бобового сырья этап может включать переборку, промывание, замачивание, тер-

мическую обработку и измельчение, виды и режимы ферментативной обработки, если она применяется для улучшения ФТС белков и других компонентов бобовых.

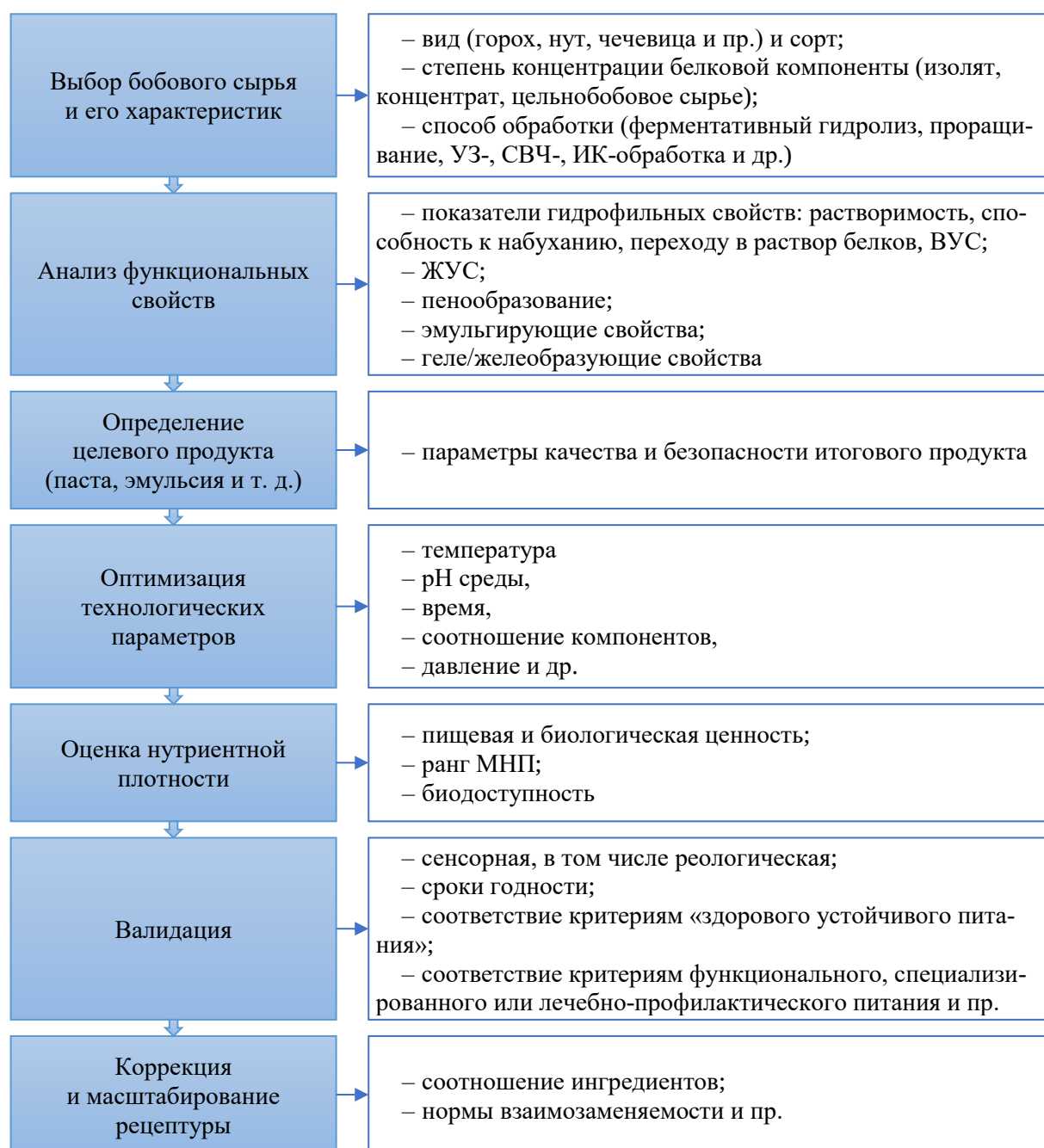


Рисунок 64 – Блок-схема этапов разработки нового продукта на основе БСППБС

При принятии технологически обоснованных решений (см. рисунок 65) учитывается целый комплекс ранее собранной и подготовленной входной информации (маркетинговой, технической, экономической и др.), которая последовательно используется на этапах принятия решений.

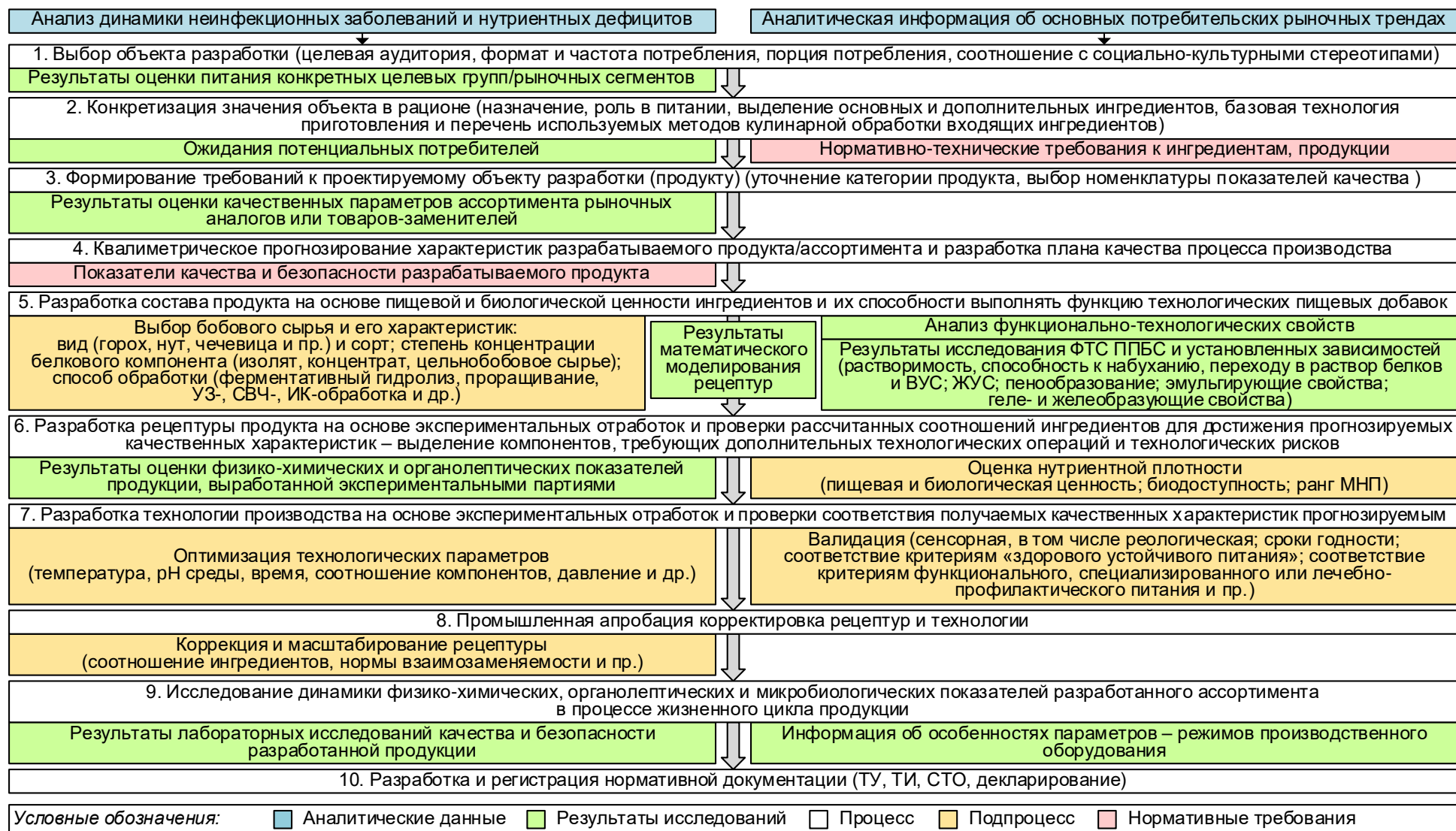


Рисунок 65 – Система принятия решений по разработке рецептур и технологии производства продуктов на основе БСПБС

Особое место во входной информации занимают совместимость ППБС с другими компонентами рецептуры (например, злаковыми, мясными компонентами в комбинированных продуктах) с позиций прогнозируемого изменения ФТС, нутриентной плотности, сенсорных характеристик и обоснование выбора этапа введения ППБС в пищевые матрицы. Принимаемые решения оформляются в виде технических и технологических документов с использованием таких инструментов, как компьютерное проектирование рецептур и моделирование нутриентной плотности с учетом пищевой и биологической ценности, моделирование свойств продукции на основании изменения технологических параметров процессов. Этот методический инструмент был апробирован в ходе разработки ассортимента продукции (рисунок 66).



Рисунок 66 – Ассортимент разработанной на основе БСПБС продукции

6.2 Разработка рецептур и технологии пастообразных соусов на основе гидролизатов бобового сырья

Целью разработки пастообразных соусов была апробация гидролизатов бобового сырья в качестве частичной замены одного из основных ингредиентов для снижения стоимости сырьевого набора (ореховый соусы) и повышения нутриентной плотности продукта. Технологический процесс приготовления пастообразных соусов включал несколько этапов: подготовка сырья, приготовление массы полуфабриката, тепловая обработка.

В качестве примера для введения в выбранные соусы принят ГЧК, получивший наиболее высокую органолептическую оценку для заданных вкусовых сочетаний. ГЧК, полученный в ходе МФГ, далее вносили в базовые рецептуры соусов в разных концентрациях (от 25 % до 100 % от массы заменяемого ингредиента).

На рисунке 67 представлены четыре образца соусов слева направо: 0 – контрольный (базовая рецептура); 1 – образец, в котором основной компонент заменен на 25 % ГЧК; 2 – 50 % ГЧК; 3 – 100 % ГЧК. В рамках исследования было разработано три вида соусов: ореховый, тыквенный и томатный.

При замене основного ингредиента в целях предварительного планирования эксперимента использовали математическое моделирование в программной среде MS Excel, функцией цели выступала минимальная себестоимость. Например, для соуса орехового система балансных уравнений выглядит следующим образом (таблица 35).

Таблица 35 – Система балансовых линейных уравнений для минимизации стоимости пастообразного орехового соуса

Показатель	Уравнение и ограничения
Жир	$0,018 X_{10} + 0,0004 X_{11} + 0,0002 X_{12} + 0,0005 X_{13} = 24,5$
Белок	$0,014 X_{10} + 0,0008 X_{11} + 0,0007 X_{12} + 0,0015 X_{13} = 11,4$
Углеводы	$0,0028 X_{10} + 0,0081 X_{11} + 0,0091 X_{12} + 0,021 X_{13} = 3,9$
Масса	Сумма всех: $X_{10} - X_{13} = 100$
Ограничения	$X_{10} \geq 40; X_{11} \geq 13; X_{12} \geq 43; X_{13} \geq 11$
Функции цели	$90 X_{10} + 50 X_{11} + 150 X_{12} + 30 X_{13} = \min$

*а**б**в*

Рисунок 67 – Образцы пастообразных соусов на основе ГЧК:

а – тыквенного, *б* – орехового, *в* – томатного

В каждой группе соусов отбирали лучший образец на основе квалитетического оценивания, опирающегося на комплексную оценку качества, в которой использовались дескрипторные (описательные) методы дегустационного анализа и оценки нутриентной плотности, заключающейся в расчете комплексного показателя на основе оригинальной МНП. В качестве дескрипторов органолептического блока были выбраны внешний вид, текстура, цвет, консистенция, запах, кислотность, сладость и полнота вкуса.

На основе предварительного сенсорного анализа были определены оптимальные с позиций потенциальной востребованности у потребителей соотношения замены основного ингредиента на ГЧК в соответствующих соусах. Пример соответствующей профилограммы для выбора доли замены основного ингредиента на ГЧК в соусе томатном приведен на рисунке 68.



Рисунок 68 – Профилограмма сенсорной оценки соуса с добавлением ГЧК (на примере томатного пастообразного)

По результатам сенсорной оценки было отмечено, что при замене муки на чечевичный гидролизат вкус образцов томатного и тыквенного соусов улучшался, становился более бархатистым и маслянистым, при этом привкус и запах бобовых практически отсутствовали. Это позволило выбрать для дальнейшей оценки вариант с полной заменой муки, используемой в рецептуре КО, на ГЧК. Последствием такой замены является отсутствие в рецептуре разработанных пастообразных соусов источников глютена, что при наличии гарантий перекрестного обсеменения глютенотом может сформировать предложение безглютеновых овощных соусов.

Аналогично в ореховом соусе 25 % замена орехов на ГЧК происходила с сохранением присущих КО вкусоароматических характеристик, консистенции и текстурных особенностей, но в образце с 50 % заменой уже преобладал бобовый привкус, что было признано нежелательным, поэтому для дальнейших исследований был выбран образец с 25 % заменой орехов.

Для полученного ассортимента оценены показатели пищевой ценности (таблица 36), определены значения ранга МНП, рассчитан экономический эффект от замены, проведены исследования физико-химических показателей, а также показателей качества и безопасности (таблица 37). Выбор итоговой рецептуры определялся на основе сравнительной органолептической оценки, значений пищевой ценности и ранга нутриентного профиля, а также стоимости.

На основании полученных значений сформирована технологическая документация, разработаны ТУ и ТИ на ассортимент пастообразных соусов (приложение Ж).

Результатом исследования стала разработка технологии и рецептур новых продуктов, имеющих улучшенный по сравнению с базовыми образцами нутриентный профиль за счет увеличения содержания минеральных веществ, незаменимых аминокислот за счет сочетания таких ингредиентов, относящихся к «здоровому выбору», как специи и бобовые, орехи и бобовые, овощи и бобовые. Полученные в ходе исследования варианты соусов подтвердили перспективность использования МФГ ППБС как этапа технологической подготовки ингредиентов, имеющих особенности усвоения ввиду наличия антипитательных факторов. В процессе изменения соотношения фракций с разной молекулярной массой изменяется не только усвояемость белков бобовых, но и ФТС, которые положительно влияют на текстуру и вкус разрабатываемых соусов.

Так, в случае замены муки пшеничной на ГЧК в образцах томатного и тыквенного соусов их вкус по сравнению с контрольными образцами улучшился, при этом содержание белка увеличилось в томатном соусе на 12,7 %, а в тыквенном – на 27,2 %, содержание витаминов В₁ и В₂ в томатном соусе выросло на 50 % и 100 % соответственно, а в тыквенном – на 33 % и 50 %, также значительно возросло содержание Са (11,0 % и 15,3 %), Mg (7,3 % и 22,1 %), Р (20,6 % и 51,7 %), Fe (28,9 % и 102,2 %), Se (73,5 % и 130,45 %). При этом совокупное значение ранга МНП также возросло с 1,71 и 1,75 у контрольных образцов до 1,86 и 1,98 у томатного и тыквенного соусов с чечевичным гидролизатом при изменении стоимости сырьевого набора на 0,8–3,0 %. В отношении замены четвертой части орехов на ГЧК в ореховом соусе помимо снижения стоимости сырьевого набора на 15,25 % при сохранении высокой сенсорной оценки в соусе снизилось содержание жиров на 21,1 %. Рост содержания белков составил 5,1 %, витамина В₁ – 12,5 %, Fe – 41,2 % и Se – 46,4 %, что отразилось в снижении себестоимости 1 ранга МНП на 19,8 %.

Таблица 36 – Результаты определения пищевой ценности разработанного ассортимента пастообразных соусов (на 100 г)

Показатель	Соус ореховый		Соус томатный		Соус тыквенный	
	КО	25 % ГЧК	КО	100 % ГЧК	КО	100 % ГЧК
Белки, г	6,34 ± 0,39	6,81 ± 0,25	3,07 ± 0,08	3,46 ± 0,08	2,35 ± 0,13	2,99 ± 0,05
Жиры, г	13,09 ± 0,54	10,40 ± 0,02	4,68 ± 0,08	4,67 ± 0,04	4,75 ± 0,02	4,74 ± 0,02
Углеводы, г	18,01 ± 0,93	20,23 ± 1,01	9,16 ± 0,06	8,72 ± 0,74	7,93 ± 0,02	7,19 ± 0,05
Энергетическая ценность, ккал	216 ± 3,15	201,3 ± 2,65	91 ± 0,74	90,7 ± 1,53	83,8 ± 0,97	83,3 ± 1,12
Витамины (расчетные данные)						
В ₁ , мг	0,08	0,09	0,02	0,03	0,03	0,04
В ₂ , мг	0,22	0,20	0,01	0,02	0,02	0,03
А, мкг рет. экв.	10,99	11,06	108,04	108,13	127,54	127,69
D, мкг	0	0	0	0	0	0
С, мг	0,56	0,53	5,86	5,86	3,14	3,14
Минеральные вещества (расчетные данные), мг						
Na	33,87	35,93	4,82	6,00	3,19	5,17
K	246,98	243,20	302,08	315,77	157,85	180,68
Ca	143,31	133,27	15,48	17,19	18,65	21,51
Mg	58,66	50,62	22,81	24,48	12,56	15,34
P	162,62	158,29	38,62	46,56	25,55	38,77
Fe	0,97	1,37	0,97	1,25	0,45	0,91
I	7,68	7,56	0,36	0,32	0,85	0,77
Se	1,94	2,84	0,49	0,85	0,46	1,06
F	37,84	33,88	7,40	7,49	46,54	46,69
Себестоимость, р.	34,87	29,49	36,23	36,54	17,33	17,86
МНП	2,65	2,68	1,71	1,86	1,75	1,98

Таблица 37 – Результаты определения физико-химических и качественных показателей пастообразных соусов

Показатель	Норма ГОСТ 17471-2014	Соус ореховый		Соус томатный		Соус тыквенный	
		КО	25 % ГЧК	КО	100 % ГЧК	КО	100 % ГЧК
Физико-химические показатели, пищевая и биологическая ценность							
Массовая доля влаги, %	–	59,42 ± 1,12	59,62 ± 0,92	80,1 ± 2,11	80,05 ± 1,24	81,93 ± 0,78	82,08 ± 0,96
Массовая доля белка, %	–	6,34 ± 0,39	6,81 ± 0,25	3,07 ± 0,08	3,46 ± 0,08	2,35 ± 0,13	2,99 ± 0,05
Массовая доля жира, %	–	13,09 ± 0,54	10,40 ± 0,02	4,68 ± 0,08	4,67 ± 0,04	4,75 ± 0,02	4,74 ± 0,02
Массовая доля сухих веществ, %	Не менее 15	40,68 ± 1,02	40,25 ± 0,84	19,91 ± 0,63	19,96 ± 1,11	17,94 ± 0,98	18,03 ± 0,04
Кислотность в пересчете на уксусную кислоту, %	Не более 1,5	0,75 ± 0,06	0,80 ± 0,05	0,13 ± 0,01	0,16 ± 0,02	1,86 ± 0,22	1,68 ± 0,01
Ранг МНП							
Значение МНП	–	2,65	2,68	1,71	1,86	1,75	1,98
Органолептические показатели, балл							
Общая оценка	–	4,96	4,95	4,71	4,89	4,82	4,87
Экономический эффект							
Изменение себестоимости по сравнению с КО, %	–	–	–15,25	–	+0,80	–	+3,05
Стоимость на 1 ранг МНП	–	13,18	11,00	21,22	19,63	9,93	9,03
Показатели безопасности, мг/кг							
Массовая доля свинца	Не более 0,5	Менее 0,07	Менее 0,07	Менее 0,07	Менее 0,07	Менее 0,09	Менее 0,09
Массовая доля мышьяка	Не более 0,2	Менее 0,06	Менее 0,06	Менее 0,04	Менее 0,03	Менее 0,08	Менее 0,08
Массовая доля кадмия	Не более 0,03	Менее 0,02	Менее 0,02	Менее 0,01	Менее 0,01	Менее 0,01	Менее 0,01
Массовая доля ртути	Не более 0,02	Менее 0,002	Менее 0,002	Менее 0,003	Менее 0,003	Менее 0,002	Менее 0,002
Афлатоксин В1	Не более 0,005	Менее 0,001	Менее 0,001	Менее 0,001	Менее 0,001	Менее 0,001	Менее 0,001
ГХЦГ (α-, β-, γ-изомеры)	Не более 0,05	Менее 0,01	Менее 0,01	Менее 0,02	Менее 0,02	Менее 0,02	Менее 0,02
ДДТ и его метаболиты	Не более 0,1	Менее 0,03	Менее 0,03	Менее 0,02	Менее 0,02	Менее 0,02	Менее 0,02

Продолжение таблицы 37

Показатель	Норма ГОСТ 17471-2014	Соус ореховый		Соус томатный		Соус тыквенный	
		КО	25 % ГЧК	КО	100 % ГЧК	КО	100 % ГЧК
Микробиологические показатели							
КМАФАнМ, КОЕ/г	Не более $5 \cdot 10^3$	$2,0 \cdot 10^2$	$2,1 \cdot 10^2$	$1,4 \cdot 10^2$	$1,4 \cdot 10^2$	$1,8 \cdot 10^2$	$2,1 \cdot 10^2$
БГКП (колиформы)	Не допускаются в 1,0 г	Не обнаружены в 1,0 г					
<i>S. aureus</i>	Не допускаются в 1,0 г	Не обнаружены в 1,0 г					
<i>Proteus</i>	Не допускаются в 0,1 г	Не обнаружены в 0,1 г					
Сульфитредуцирующие кlostридии	Не допускаются в 0,1 г	Не обнаружены в 0,1 г					
Дрожжи, КОЕ/г	Не более 50	4	4	Не обнаружены		2	3
Плесени, КОЕ/г	Не более 50	6	7	Не обнаружены			

6.3 Разработка рецептур и технологии неэмульгированных соусов на основе растительных масел и изолята горохового белка

Следующим этапом была разработка линейки салатных заправок, предназначенных для улучшения вкуса и пищевой ценности овощных салатов и выполняющих функцию замены предусмотренного в рецептурах блюд подсолнечного масла. Далее, аналогично предыдущей задаче в разработанный низкокалорийный двухфазный дрессинг с целью повышения его нутриентной плотности добавлялся ИГБ в процентах замены от жировой компоненты заправки (5; 10; 15 %).

Результатом внесения ИГБ стало изменение цвета из прозрачного водного на молочно-бежевый в сочетании с масляным слоем. В то же время внесение ИГБ в соус предотвращало расслоение водной и жировой части и делало его более однородным. Все образцы (контрольные и с внесением 1; 2 и 3 г ИГБ на 100 г выхода прошли дегустационную оценку. Показатель «цвет» оценивали с позиций «соответствия внесенным ингредиентам» и «естественность» и «аппетитность» цвета» соуса на основе растительного масла). Компонента «вкус» оценивалась в сравнении с КО с позиций «наличия постороннего привкуса» и степени выраженности отдельных его компонент (кислый, горький и пр.). Профилограмма на примере дрессинга кунжутного приведена на рисунке 69.

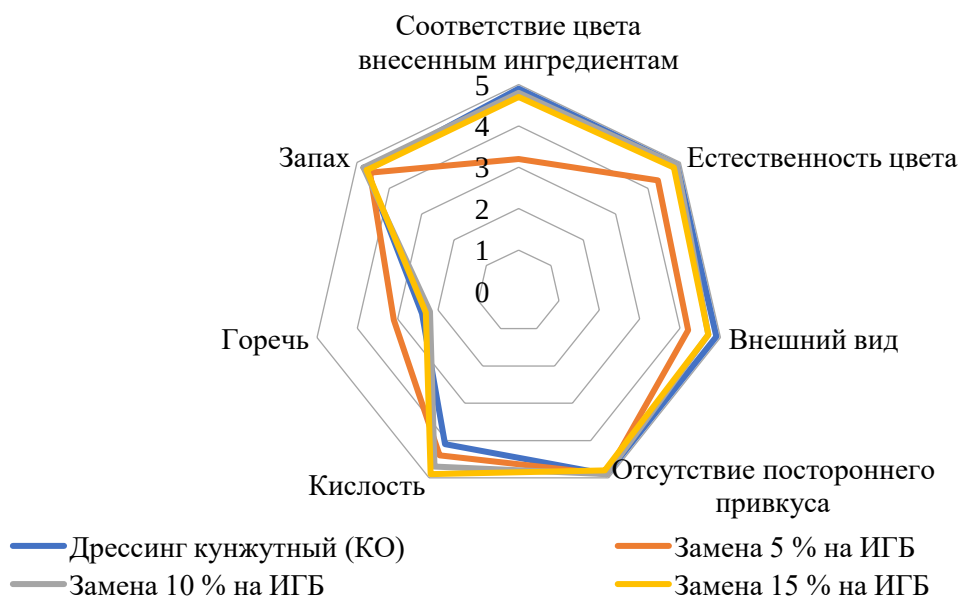


Рисунок 69 – Профилограмма органолептических показателей опытных образцов соуса на основе растительного масла с добавлением ИГБ (дрессинга кунжутного)

Сенсорный анализ показал, что при замене растительного масла на ИГБ образцы с заменой на уровне 5 % и 10 % фактически неотличимы по вкусу, но внесение 5 % ИГБ не дает достаточной интенсивности раствору, делая его мутным. Внесение же 15 % ИГБ позволяет идентифицировать появление в дрессинге посторонних привкусов.

Для разработанного ассортимента соусов на растительной основе были рассчитаны показатели содержания белков, жиров и углеводов, витаминов и минеральных веществ (таблица 38), определены значения ранга МНП, оценен экономический эффект от замены, проведены исследования физико-химических показателей, а также показателей качества и безопасности (таблица 39). Выбор итоговой рецептуры определялся по критериям аналогичным пастообразных соусов.

Таблица 38 – Результаты определения пищевой ценности разработанного ассортимента салатных заправок (дрессингов) на основе растительных масел (на 100 г)

Показатель	Дрессинг 1 (подсолнечный)		Дрессинг 2 (кунжутный)		Дрессинг 3 (оливковый)		Дрессинг 4 (кукурузный)	
	КО	с ИГБ	КО	с ИГБ	КО	с ИГБ	КО	с ИГБ
Белки, г	0,03	1,6	0,6	2,17	0,27	1,84	0,07	1,64
Жиры, г	22	22,02	23,44	21,46	22,07	20,1	22,02	20,04
Углеводы, г	0,17	0,23	0,44	0,5	0,79	0,85	0,23	0,29
Энергетическая ценность, ккал	198,80	205,50	215,10	203,90	202,90	191,60	199,40	188,10
Витамины, мг								
B ₁	0,00	0,02	0,04	0,06	0,00	0,01	0,00	0,01
B ₂	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,01	0,00	0,00
A, мкг рет. экв.	3,80	3,84	3,77	3,81	12,59	7,58	11,95	7,19
C	1,48	1,48	1,40	1,40	0,91	0,36	2,73	1,09
Минеральные вещества, мг								
Na	116,53	117,19	118,63	119,29	117,18	89,56	116,86	89,32
K	4,92	22,38	17,74	35,2	31,03	40,24	11,18	23,77
Ca	31,42	33,72	73,62	75,92	45,89	42,41	33,58	31,58
Mg	0,79	2,93	16,72	18,86	6,04	7,11	1,52	3,19
P,	1,45	8,03	22,72	29,26	4,24	9,38	2,29	7,69
Fe	0,04	0,18	0,51	0,65	0,8	0,81	0,05	0,16
I	12,01	12,11	12,22	12,32	12	12,1	12,05	12,15
Se	0,02	0,28	1,04	1,3	0,05	0,28	0,03	0,25
F	0,09	0,69	0,18	0,78	0	0,6	1,73	2,33
Себестоимость, р.	4,12	6,46	8,69	11,03	10,98	13,32	6,14	8,48
МНП	1,04	1,51	1,50	1,73	1,36	1,35	1,26	1,53

Таблица 39 – Результаты определения физико-химических и качественных показателей разработанного ассортимента салатных заправок (дрессингов) на основе растительных масел

Показатели	Норма ГОСТ 31755	Дрессинг 1 (подсолнечный)		Дрессинг 2 (кунжутный)		Дрессинг 3 (оливковый)		Дрессинг 4 (кукурузный)	
		КО	с ИГБ	КО	с ИГБ	КО	с ИГБ	КО	с ИГБ
Физико-химические показатели, пищевая и биологическая ценность									
Массовая доля влаги, %	Не нормируется	78,45 ± 3,15	76,84 ± 0,98	76,00 ± 1,41	76,34 ± 2,98	77,28 ± 3,14	77,61 ± 2,41	78,12 ± 2,01	78,46 ± 3,13
Массовая доля белка, %		0,03 ± 0,01	1,55 ± 0,02	0,59 ± 0,01	2,13 ± 0,01	0,27 ± 0,01	1,81 ± 0,01	0,07 ± 0,01	1,61 ± 0,01
Массовая доля жира, %	Не менее 5	21,36 ± 1,41	21,38 ± 0,09	22,98 ± 0,09	21,04 ± 2,11	21,68 ± 1,14	19,74 ± 0,59	21,59 ± 0,13	19,65 ± 1,54
Кислотность в пересчете на уксусную кислоту, %	Не нормируется	0,21 ± 0,01	0,22 ± 0,01	0,42 ± 0,01	0,42 ± 0,01	0,53 ± 0,03	0,53 ± 0,04	0,24 ± 0,02	0,28 ± 0,03
Ранг МНП									
Значение МНП	–	1,04	1,51	1,50	1,73	1,36	1,35	1,26	1,53
Органолептические показатели									
Общая оценка	–	4,56	4,48	4,78	4,81	4,67	4,73	4,62	4,57
Экономический эффект									
Изменение себестоимости по сравнению с КО, %	–	–	+56,77	–	+26,93	–	+21,31	–	+38,11
Стоимость на 1 ранг МНП	–	4,28	3,96	6,38	5,79	9,86	8,08	5,55	4,9
Показатели безопасности, мг/кг									
Массовая доля свинца	Не более 0,3	Менее 0,08	Менее 0,06	Менее 0,04	Менее 0,07	Менее 0,05	Менее 0,06	Менее 0,09	Менее 0,07
Массовая доля мышьяка	Не более 0,1	Менее 0,02	Менее 0,01	Менее 0,01	Менее 0,02	Менее 0,02	Менее 0,02	Менее 0,03	Менее 0,01
Массовая доля кадмия	Не более 0,05	Менее 0,004	Менее 0,002	Менее 0,003					
Массовая доля ртути	Не более 0,05	Менее 0,001				Менее 0,002			
Афлатоксин В1	Не более 0,005	Менее 0,0001							
ГХЦГ (α-, β-, γ-изомеры)	Не более 0,05	Менее 0,02	Менее 0,02	Менее 0,03	Менее 0,03	Менее 0,01	Менее 0,03	Менее 0,02	Менее 0,03
ДДТ и его метаболиты	Не более 0,1	Менее 0,02	Менее 0,02	Менее 0,04	Менее 0,03	Менее 0,08	Менее 0,02	Менее 0,03	Менее 0,02

Продолжение таблицы 39

Показатели	Норма ГОСТ 31755	Дрессинг 1 (подсолнечный)		Дрессинг 2 (кунжутный)		Дрессинг 3 (оливковый)		Дрессинг 4 (кукурузный)	
		КО	с ИГБ	КО	с ИГБ	КО	с ИГБ	КО	с ИГБ
Перекисное число (ГОСТ 26593), мэкв/кг Кислотное число, КОЕ/г	Не более 10 Не более 0,6	Менее 1,1	Менее 0,9	Менее 1,7	Менее 0,7	Менее 1,8	Менее 0,9	Менее 1,2	Менее 0,8
Микробиологические показатели									
КМАФАнМ, КОЕ/г	Не более $5,0 \cdot 10^4$	$1,5 \cdot 10^1$	$1,0 \cdot 10^1$	$1,2 \cdot 10^1$	$1,6 \cdot 10^1$	$1,4 \cdot 10^1$	$1,5 \cdot 10^1$	$1,6 \cdot 10^1$	$2,0 \cdot 10^1$
БГКП (колиформы)	Не допуска- ются в 0,1 г	Не обнаружены в 0,1 г							
Патогенные, в том числе сальмонеллы	Не допуска- ются в 25 г	Не обнаружены в 25 г							
<i>S. aureus</i>	Не допуска- ются в 0,1 г	Не обнаружены в 0,1 г							
<i>Proteus</i>	Не допуска- ются в 0,1 г	Не обнаружены в 0,1 г							
Дрожжи, КОЕ/г	Не более $5 \cdot 10^2$	$12,1 \cdot 10^1$	$15,2 \cdot 10^1$	$16,1 \cdot 10^1$	$14,6 \cdot 10^1$	$16,6 \cdot 10^1$	$19,1 \cdot 10^1$	$16,8 \cdot 10^1$	$10,9 \cdot 10^1$
Плесени, КОЕ/г	Не более 50	15	8	9	14	9	11	9	10,2

Внесение 10 % ИГБ по соотношению к массе жирового компонента позволяет значительно (в 0,5–5,0 раз) увеличить содержание белка, железа, селена, магния, калия, фтора и фосфора по сравнению с контрольными образцами. При этом значение ранга МНП возросло у образцов в среднем на 0,27 пункта при изменении стоимости сырьевого набора на 1 ранг МНП на 11 %. Для всего ассортимента дрессингов сформирована технологическая документация, разработаны ТУ и ТИ (приложение Ж).

6.4 Разработка рецептур, технологии и экспериментальное обоснование применения СВЧ-обработки в производстве эмульсионных пищевых систем

Следующей задачей была разработка рецептур и технологии производства эмульсионных и пенных пищевых матриц с введением в их состав ППБС. Основой получаемых пищевых систем был изолят горохового белка (ИГБ) и гидролизаты бобовых: ГЧК, ГЧЗ, ГГЖ, ГГЗ. Технологической сложностью для подбора соотношения ингредиентов в рецептурах и обоснования этапа введения продуктов в пищевые матрицы были неудовлетворительные органолептические оценки при отсутствии этапа тепловой обработки ингредиентов. В то же время температурный прогрев порошковых продуктов, как и их смесей с водой, не давал необходимого эффекта ввиду сложности равномерного нагрева массы.

Нагрев ППБС с помощью микроволновой энергии был признан наиболее перспективным, поскольку обеспечивал такие преимущества, как объемный нагрев, высокая скорость теплопередачи, сохранение качества пищевых продуктов, быстрое время обработки, отсутствие необходимости в дополнительном компоненте в ходе приготовления (масло, жидкость и пр.) и комплексное улучшение органолептических свойств [249; 304]. Микроволновый нагрев также дает дополнительно эффект пастеризации быстрее, чем обычный нагрев, поскольку позволял достигнуть желаемой температуры процесса в кратчайшее время [275]. В целом же применения СВЧ-нагрева в пищевой промышленности как способа создания физических преобразований структуры продукта, изменения его усвояемости и повышения микробиологической безопасности, а также получения безопасных для потребления человеком пищевых продуктов с хорошими сенсорными, питательными и биоактивными свойствами раскрыл его потенциал согласно с имеющимися литературными данными [361; 421; 433].

В рамках решения возникших на этапе введения ППБС в пищевую матрицу технологических рисков и в целях повышения усвояемости был обоснован процесс кратковременного микроволнового воздействия на гидромодули ППБС. В ходе эксперимента установлены закономерности потери массы и изменения вязкости растворов ИГБ разной концентрации от времени СВЧ-обработки (мощность 800 Вт; частота 2450 МГц, экспозиция 30; 45; 60; 75; 90 с). Для ИГБ были рассмотрены гидромодули в соотношении массы ИГБ и массы воды 1:2, 1:2,5, 1:3, 1:3,5, 1:4 с диапазоном СВЧ-воздействия от 30 до 90 с. Алгоритм принятия решений при выборе параметров разведения и длительности тепловой обработки представлен на рисунке 70.

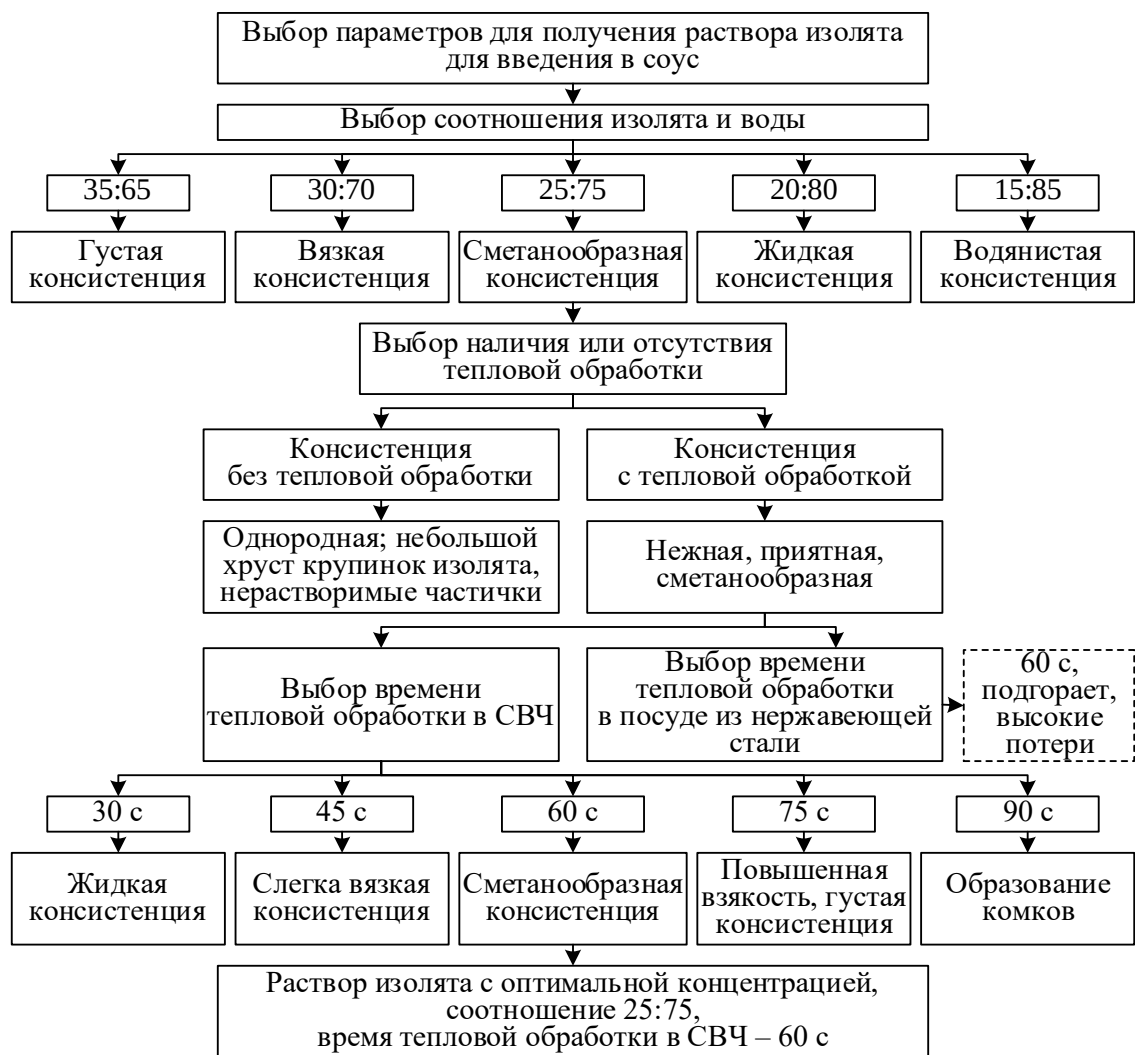


Рисунок 70 – Схема принятия решений при выборе оптимальных параметров для получения белково-растительной основы эмульсионной системы (на примере ИГБ)

На основе проведенных экспериментов (рисунок 71) установлено, что оптимальной концентрацией раствора из ИГБ и воды является соотношение 25:75 и время 60 с.



Рисунок 71 – Визуальное представление образцов белково-растительной основы эмульсионной системы после СВЧ-обработки

Аналогично были проведены отработки по всем образцам ППБС (рисунок 72), и было установлено, что оптимальной концентрацией раствора из гидролизатов ППБС и воды является соотношение 29:71 и время СВЧ-воздействия – 90 с.



Рисунок 72 – Визуальное представление образцов ППБС:
1 и 2 – ИГБ; 3 и 4 – ГЧЗ; 5 и 6 – ГЧК; 6 и 7 – ГГЗ; 9 и 10 – ГГЖ; нечетные номера образцов – до СВЧ-обработки, четные – после СВЧ-обработки

Результаты проведенной сенсорной оценки образцов до и после СВЧ-обработки приведены в таблице 40. При определении цвета образцов использовался набор вееров Pantone Formula Guide (Coated & Uncoated) системы стандартизации цветов Pantone Matching System (PMS).

Таблица 40 – Результаты определения органолептических показателей бобового сырья и его гидролизатов до и после СВЧ-обработки

Образец	Внешний вид	Цвет	Консистенция	Вкус	Запах
ИГБ	Однородная масса, присутствуют единичные пузырьки	Желто-бежевый (Pantone 135)	Средней густоты	Характерный вкус гороха, сладковатый, с ощутимыми хлопьями, приятное послевкусие	Характерный аромат гороха
ИГБ + СВЧ	Однородная масса, присутствуют единичные пузырьки	Желто-бежевый (Pantone 136)	Густая	Характерный вкус гороха, сладковатый, насыщенный, мягкий, приятное послевкусие	Характерный аромат гороха, слабо насыщенный
ГГЖ	Однородная масса, присутствуют единичные пузырьки	Желто-бежевый (Pantone 142)	Жидкая, немного вязкая	Резкий вкус горечи, кислое послевкусие, характерный вкус сырого гороха, с ощутимыми хлопьями	Резкий характерный аромат гороха
ГГЖ + СВЧ	Однородная масса, присутствуют единичные пузырьки	Коричнево-бежевый (Pantone 145)	Густая	Умеренный вкус горечи, кислое послевкусие, характерный вкус сырого гороха	Характерный аромат гороха, приятный
ГГЗ	Однородная масса, присутствуют единичные пузырьки	Фисташковый (Pantone 618)	Жидкая, немного вязкая	Резкий вкус горечи, кислое послевкусие, характерный вкус сырого гороха, с ощутимыми хлопьями	Резкий характерный аромат гороха
ГГЗ + СВЧ	Однородная масса, присутствуют единичные пузырьки	Темно-фисташковый (Pantone 620)	Средней густоты	Умеренный вкус горечи, кислое послевкусие, характерный вкус гороха	Характерный аромат гороха, приятный

Продолжение таблицы 40

Образец	Внешний вид	Цвет	Консистенция	Вкус	Запах
ГЧК	Однородная масса, присутствуют единичные пузырьки	Оранжевый (Pantone 151)	Жидкая, немного вязкая	Резкий вкус горечи, кислое послевкусие, характерный вкус сырой чечевицы, с ощутимыми хлопьями	Резкий характерный аромат чечевицы
ГЧК+СВЧ	Однородная масса, присутствуют единичные пузырьки	Бежево-оранжевый (Pantone 157)	Средней густоты	Умеренный вкус горечи, сладковатый привкус кислое послевкусие, характерный вкус чечевицы	Характерный аромат чечевицы
ГЧЗ	Однородная масса, присутствуют единичные пузырьки	Коричневый (Pantone 132)	Жидкая, немного вязкая	Резкий вкус горечи, кислое послевкусие, характерный вкус сырой чечевицы, с ощутимыми хлопьями	Резкий характерный аромат чечевицы и травянистые ноты
ГЧЗ+СВЧ	Однородная масса, присутствуют единичные пузырьки	Темно-коричневый (Pantone 140)	Густая	Умеренный вкус горечи, сладковатый привкус кислое послевкусие, характерный вкус чечевицы	Характерный аромат чечевицы, приятный

Поскольку в производстве эмульсионных пищевых систем вязкость непосредственно определяет текстуру и консистенцию конечного продукта, то нами осуществлялся не только контроль органолептических характеристик, но и вязкости. Для измерения вязкости подвергнутых СВЧ – обработке гидромодулей ППБС был использован вискозиметр ротационный ЭАК-2М. Установлена пропорциональное изменение вязкости от времени СВЧ воздействия (рисунок 73).

При разных соотношениях воды и продуктов переработки бобового сырья и увеличении времени теплового воздействия от 30 до 90 с наблюдались пропорциональные потери воды, что также влияло на вязкость продукта.

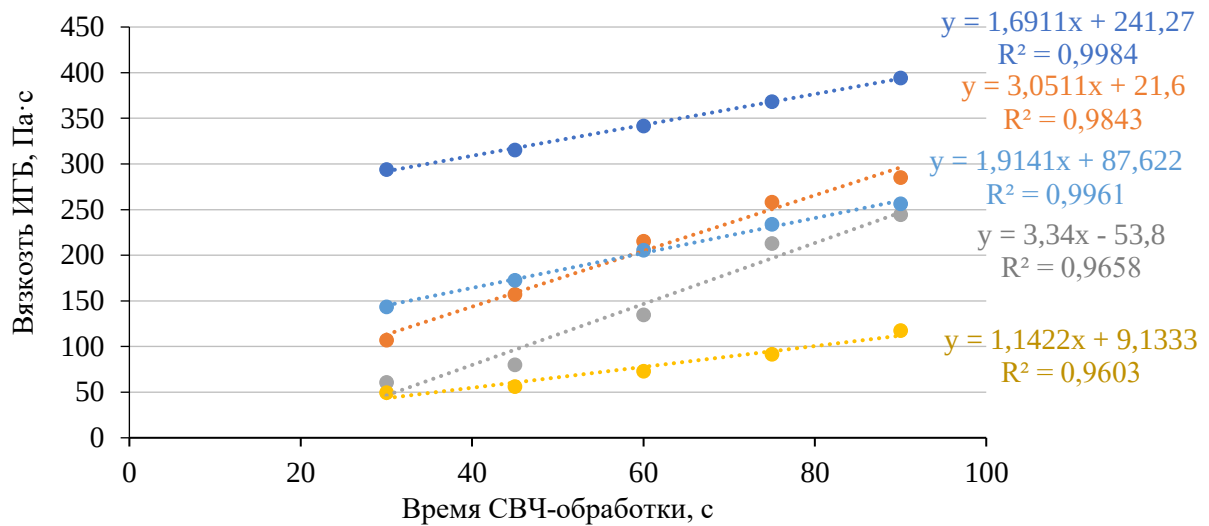


Рисунок 73 – Зависимость вязкости от времени СВЧ-воздействия (на примере ИГБ)

На основе анализа данных трехкратного повторения измерений (вязкости в пяти разных концентрациях и пяти вариантах времени СВЧ-воздействия) получена зависимость вязкости получаемого белково-растительной основы от времени воздействия и от концентрации белка в образцах с учетом потерь при тепловой обработке (рисунок 74).

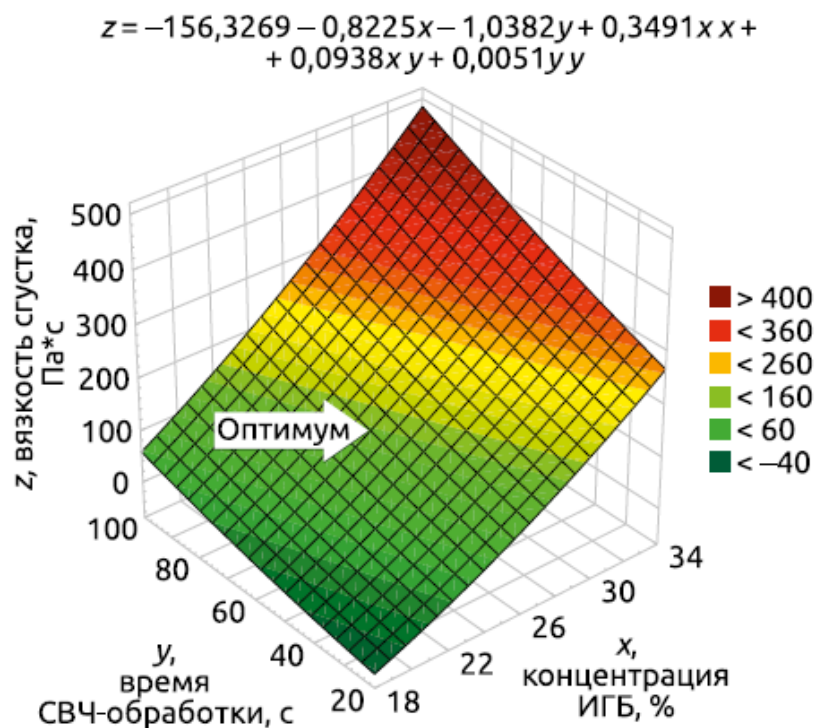


Рисунок 74 – Зависимость вязкости белково-растительной основы эмульсий от концентрации ППБС и времени СВЧ-воздействия (на примере изолята горохового белка)

На основе органолептической оценки, оценки вязкости белково-растительной основы и поведения образцов на этапе введения в эмульсию были приняты: для ИГБ соотношение ИГБ и воды 25:75 и время СВЧ-обработки 60 с, для гидролизатов ППБС 30:70 и 90 с соответственно.

Воздействие СВЧ-обработки на содержащиеся в ППБС антипитательные вещества (рисунок 75) позволяет продемонстрировать деструкцию содержащиеся в БСППБС анти-нутриентов, высвобождение связанных минеральных веществ, обеспечение биодоступности аминокислот, в том числе незаменимых.

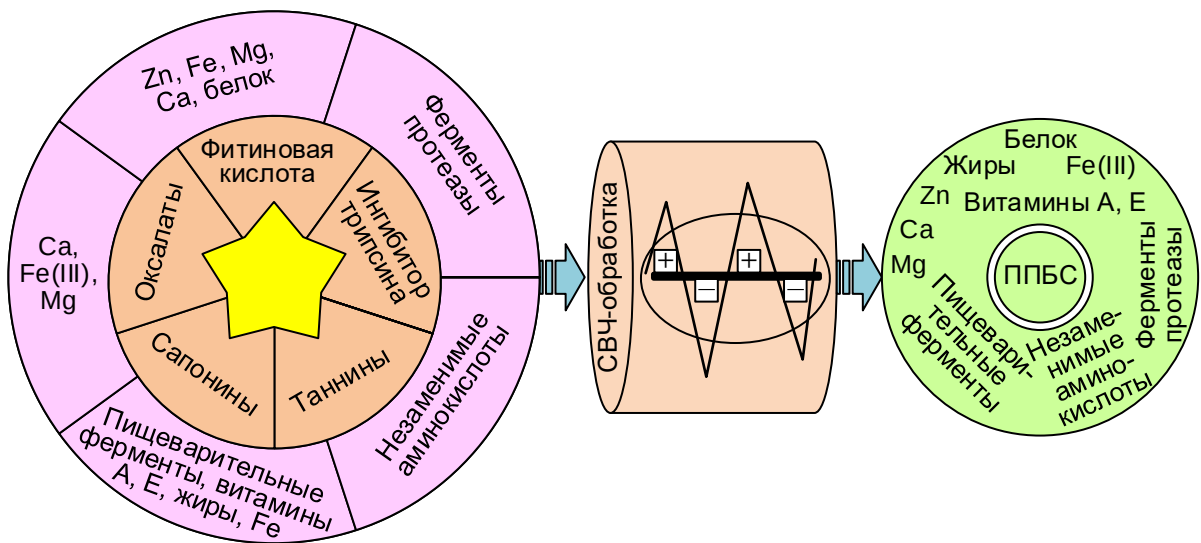


Рисунок 75 – Воздействие СВЧ-обработки на антипитательные вещества в ППБС

Результаты анализа подтверждают снижение содержания фитиновой кислоты в подвергнутых СВЧ-обработке гидролизатах ППБС в среднем на 63–93 %, а ингибитора трипсина – на 61–82 % (таблица 41), что позволяет говорить о пропорциональном увеличении биодоступности содержащегося в начальных образцах ППБС кальция, фосфора, магния, железа, цинка и натрия, а также повышении биологической ценности этих растительных продуктов.

Для полученных в ходе СВЧ-обработки ППБС, выступающих в дальнейшем в качестве основных ингредиентов эмульсионных пищевых матриц, были оценены органолептические и микробиологические показатели, установлены показатели, характеризующие пищевую, и биологическая ценность, а также содержания антипитательных веществ до и после микроволнового воздействия (см. таблицы 41).

Таблица 41 – Влияние СВЧ-обработки на показатели качества, безопасности и биодоступность нутриентов ППБС ($M \pm m$, $n = 3$)

Показатель	ИГБ	ИГБ + СВЧ	ГЧЗ	ГЧЗ + СВЧ	ГЧК	ГЧК + СВЧ	ГГЖ	ГГЖ + СВЧ	ГГЗ	ГГЗ + СВЧ
Органолептические показатели										
Вкус	4,6 ± 0,3	4,9 ± 0,3	3,9 ± 0,2	4,6 ± 0,3	4,3	5,0 ± 0,0	4,0 ± 0,4	4,8 ± 0,1	3,7 ± 0,3	4,7 ± 0,2
Цвет	4,8 ± 0,1	4,8 ± 0,1	4,5 ± 0,3	4,8 ± 0,1	4,6	5,0 ± 0,0	4,6 ± 0,3	4,8 ± 0,2	4,7 ± 0,1	4,7 ± 0,2
Запах	4,7 ± 0,1	4,9 ± 0,1	4,2	4,4 ± 0,3	4,0 ± 0,5	5,0 ± 0,0	3,8 ± 0,3	4,8 ± 0,1	4,2 ± 0,3	4,8 ± 0,2
Консистенция	4,4 ± 0,3	4,8 ± 0,1	3,8 ± 0,4	4,2 ± 0,3	3,8 ± 0,2	4,7 ± 0,1	3,8 ± 0,3	4,6 ± 0,3	3,9 ± 0,2	4,6 ± 0,2
Внешний вид	4,8 ± 0,2	4,9 ± 0,1	4,6 ± 0,2	4,8 ± 0,1	4,6 ± 0,3	4,9 ± 0,1	4,5 ± 0,3	4,8 ± 0,1	4,4 ± 0,3	4,8 ± 0,2
Средняя оценка	4,66	4,86	4,2	4,56	4,26	4,92	4,14	4,76	4,18	4,72
Содержание антипитательных веществ, мг/г										
ТИА	6,8 ± 0,17	3,21 ± 0,01	4,42 ± 0,03	1,70 ± 0,02	3,14 ± 0,04	1,80 ± 0,11	1,92 ± 0,01	1,05 ± 0,08	2,47 ± 0,09	1,05 ± 0,06
Фитиновая кислота	0,6 ± 0,12	0,34 ± 0,03	2,82 ± 0,14	0,57 ± 0,02	2,66 ± 0,28	1,86 ± 0,02	1,64 ± 0,02	0,92 ± 0,11	1,32 ± 0,02	0,85 ± 0,01
Пищевая и биологическая ценность, % на сухое вещество										
Белок	81,52 ± 5,12	80,7 ± 6,07	26,05 ± 3,12	25,74 ± 4,07	24,50 ± 3,68	24,25 ± 5,12	25,80 ± 2,25	25,54 ± 2,48	23,72 ± 3,98	23,46 ± 3,46
Жир	3,2 ± 0,71	3,10 ± 0,17	2,2 ± 0,71	2,17 ± 0,08	2,30 ± 0,86	2,27 ± 0,71	1,70 ± 0,02	1,68 ± 0,03	1,80 ± 0,31	1,78 ± 0,22
Углеводы	11,21 ± 2,12	11 ± 3,51	68,3 ± 5,82	67,61 ± 4,32	69,6 ± 3,14	68,90 ± 7,73	69,6 ± 5,78	68,90 ± 2,01	71,3 ± 4,39	70,58 ± 3,66
Зола	4,07 ± 0,72	4,03 ± 0,90	3,5 ± 0,68	3,46 ± 0,54	3,6 ± 0,38	3,56 ± 0,44	2,90 ± 0,13	2,87 ± 0,41	3,20 ± 0,89	3,16 ± 0,88
Незаменимые аминокислоты, г/100 г белка (в скобках указаны значения эталона ВОЗ)										
Аргинин	11,58 ± 2,15	11,23 ± 1,26	2,57 ± 0,78	2,49 ± 1,29	3,75 ± 0,75	3,63 ± 0,75	3,46 ± 0,11	3,35 ± 0,62	3,35 ± 0,62	3,24 ± 0,75
Валин (4)	4,32 ± 0,94	4,19 ± 0,75	2,24 ± 0,36	2,17 ± 0,28	1,26 ± 0,04	1,22 ± 0,18	2,08 ± 0,62	2,01 ± 0,76	1,81 ± 0,01	1,75 ± 0,57
Гистидин (1,6)	2,51 ± 0,04	2,43 ± 0,47	1,10 ± 0,18	1,06 ± 0,07	0,43 ± 0,01	0,41 ± 0,07	1,01 ± 0,23	0,97 ± 0,09	0,98 ± 0,02	0,95 ± 0,06
Изолейцин + лейцин (9,1)	11,67 ± 2,11	11,31 ± 2,99	4,81 ± 0,74	4,66 ± 0,57	2,90 ± 0,18	2,81 ± 0,33	4,75 ± 0,99	4,60 ± 0,75	4,12 ± 1,01	3,99 ± 0,64
Лизин (4,8)	8,89 ± 1,22	8,62 ± 1,03	3,29 ± 0,09	3,19 ± 0,75	2,11 ± 0,71	2,04 ± 0,67	3,30 ± 0,88	3,20 ± 0,71	2,97 ± 0,63	2,88 ± 1,09
Метионин (2,3)	0,64 ± 0,02	0,58 ± 0,09	0,42 ± 0,02	0,38 ± 0,06	0,13 ± 0,04	0,11 ± 0,02	0,42 ± 0,01	0,38 ± 0,06	0,44 ± 0,03	0,40 ± 0,04
Треонин (2,5)	4,57 ± 1,03	4,52 ± 0,18	2,40 ± 0,71	2,37 ± 0,06	1,31 ± 0,02	1,29 ± 0,02	2,35 ± 0,18	2,32 ± 0,02	2,03 ± 0,36	2,01 ± 0,02
Триптофан (6,6)	0,46 ± 0,01	0,39 ± 0,05	0,20 ± 0,01	0,17 ± 0,02	0,25 ± 0,02	0,21 ± 0,05	0,20 ± 0,01	0,17 ± 0,02	0,19 ± 0,02	0,16 ± 0,03
Фенилаланин (4,1)	6,67 ± 1,02	6,46 ± 0,99	1,99 ± 0,36	1,93 ± 0,03	1,20 ± 0,07	1,16 ± 0,04	1,9 ± 0,02	1,84 ± 0,03	1,76 ± 0,02	1,70 ± 0,27

Продолжение таблицы 41

Показатель	ИГБ	ИГБ + СВЧ	ГЧЗ	ГЧЗ + СВЧ	ГЧК	ГЧК + СВЧ	ГГЖ	ГГЖ + СВЧ	ГГЗ	ГГЗ + СВЧ
Заменимые аминокислоты, г/100 г белка										
Аланин	5,13 ± 0,33	4,71 ± 0,96	2,37 ± 0,63	2,18 ± 0,04	1,28 ± 0,02	1,17 ± 0,07	2,17 ± 0,04	1,99 ± 0,04	1,98 ± 0,12	1,82 ± 0,16
Аспарагиновая кислота	8,22 ± 0,17	8,13 ± 1,78	2,61 ± 0,04	2,58 ± 0,39	2,15 ± 0,02	2,12 ± 0,85	3,25 ± 0,06	3,21 ± 0,75	2,45 ± 0,70	2,42 ± 0,55
Глутаминовая кислота	9,96 ± 2,11	9,86 ± 2,04	3,22 ± 0,45	3,18 ± 0,78	2,57 ± 0,06	2,54 ± 0,75	3,41 ± 0,96	3,37 ± 0,71	2,99 ± 0,33	2,96 ± 1,01
Глицин	4,22 ± 0,16	4,17 ± 0,02	2,23 ± 0,33	2,20 ± 0,71	1,15 ± 0,06	1,13 ± 0,08	2,04 ± 0,02	2,01 ± 0,36	2,03 ± 0,04	2,00 ± 0,02
Пролин	3,72 ± 0,78	3,68 ± 0,71	1,89 ± 0,20	1,87 ± 0,11	0,95 ± 0,04	0,94 ± 0,05	1,87 ± 0,07	1,85 ± 0,13	1,63 ± 0,06	1,61 ± 0,37
Тирозин	2,69 ± 0,04	2,66 ± 0,31	1,11 ± 0,04	1,09 ± 0,19	0,74 ± 0,0,1	0,73 ± 0,02	1,05 ± 0,22	1,03 ± 0,05	0,94 ± 0,01	0,93 ± 0,04
Серин	5,91 ± 1,32	5,43 ± 1,75	2,81 ± 0,04	2,58 ± 0,52	1,63 ± 0,03	1,49 ± 0,09	3,40 ± 0,98	3,12 ± 0,81	2,23 ± 0,08	2,05 ± 0,16
Цистеин	0,94 ± 0,06	0,93 ± 0,04	0,46 ± 0,02	0,45 ± 0,04	0,24 ± 0,02	0,23 ± 0,07	0,39 ± 0,06	0,38 ± 0,06	0,43 ± 0,04	0,42 ± 0,07
Содержание минеральных веществ, мг/100 г сухого веса										
P	432,0 ± 11,3	427,6 ± 8,4	390,7 ± 9,5	386,1 ± 14,6	281,2 ± 9,8	278,1 ± 14,6	329,0 ± 7,3	325,7 ± 0,7	226,2 ± 15,2	223,7 ± 14,3
Mg	201,7 ± 15,2	198,9 ± 9,4	79,3 ± 6,5	78,2 ± 10,3	90,5 ± 11,7	89,1 ± 14,2	106,6 ± 7,5	104,9 ± 4,6	88,2 ± 3,8	87,1 ± 2,9
Zn	6,4 ± 1,9	6,33 ± 1,6	2,4 ± 0,7	2,4 ± 0,5	3,3 ± 0,3	3,2 ± 0,7	3,2 ± 0,5	3,1 ± 0,8	2,7 ± 0,3	2,6 ± 0,7
Ca	78,7 ± 2,6	77,9 ± 1,3	83,1 ± 5,2	82,1 ± 6,7	68,8 ± 2,3	67,3 ± 2,9	117,1 ± 6,8	115,8 ± 3,9	89,4 ± 6,5	88,1 ± 10,2
Fe	18,3 ± 2,7	17,8 ± 2,0	4,5 ± 1,8	4,45 ± 1,5	6,6 ± 0,9	6,5 ± 0,4	6,4 ± 0,9	6,3 ± 0,6	7,0 ± 1,5	6,9 ± 0,3
Na	64,4 ± 2,12	63,7 ± 6,5	40,0 ± 3,9	39,6 ± 6,2	25,0 ± 2,7	24,7 ± 5,1	32,4 ± 0,9	31,6 ± 3,8	27,1 ± 1,3	26,7 ± 2,3
Микробиологические показатели										
КМАФАнМ, КОЕ/г	5,0·10 ⁴	2,0·10 ³	3,5·10 ⁴	1,0·10 ³	4,0·10 ⁴	0,9·10 ³	3,5·10 ⁴	0,9·10 ³	3,5·10 ⁴	1,0·10 ³
БГКП (колиформы)	Отсутствуют в 0,1 г									
<i>S. fureus</i>	Отсутствуют в 0,1 г									
Патогенные, в том числе сальмонеллы	Отсутствуют в 25 г									
Сульфитредуцирующие клостридии	Отсутствуют в 0,1 г									
Плесени, КОЕ/г	Менее 100	Менее 50	Менее 100	Менее 20	Менее 100	Менее 20	Менее 100	Менее 20	Менее 100	Менее 20
Дрожжи, КОЕ/г	Менее 100	Менее 50	Менее 100	Менее 20	Менее 100	Менее 20	Менее 100	Менее 20	Менее 100	Менее 20

По результатам данных, полученных в результате СВЧ-обработки ИГБ, ГЧК, ГЧЗ, ГГЗ и ГГЖ можно отметить, что:

- значительно улучшены органолептические свойства вводимых гидролизатов;
- снижение содержания антипитательных веществ соотносимо с временем микроволнового воздействия и позволяет снизить их практически вдвое за 90 с;
- несмотря на достаточно быстрое температурное воздействие, содержание аргинина, тирозина и метионина в образцах падает вдвое сильнее, чем у других аминокислот, но в целом потери не превышают 15 % от содержания до начала СВЧ-обработки;
- на содержание минеральных веществ обработка практически не оказывает воздействия, однако с учетом снижения содержания антипитательных веществ можно говорить о повышении их биодоступности;
- при микроволновой обработке наблюдается снижение уровня КМАФАнМ до уровня ниже 10^3 КОЕ/г для всех видов образцов, что в перспективе позволяет их рассматривать как ингредиенты в производстве продукции детского питания.

Таким образом, на основе вышеизложенного можно утверждать, что среди технических решений по снижению содержания антипитательных веществ и повышению биосъёмности, содержащихся в продуктах переработки бобового сырья аминокислот и минеральных веществ микроволновое воздействие является перспективным, как при индивидуальном применении, так и в комбинированных технологиях (с предварительным осуществлением ферментативного гидролиза). Технология позволяет значительно улучшить органолептические свойства ППБС, не ухудшая их ФТС и не только сохраняя пищевую и биологическую ценность продуктов, но и способствуя последующему лучшему усвоению их в организме человека.

Дальнейшая разработка ассортимента эмульгированных соусов на основе растительного масла осуществлялась на основе инструментов квалитетического прогнозирования с использованием метода структурирования функции качества, которые активно применяются в пищевой промышленности для проектирования и улучшения качества пищевых продуктов [44; 61]. Это позволило структурировать требования потребителей к качеству продукции, а поскольку задачей исследования предусматривалась разработка продуктов, максимально соответствующих критериям здорового устойчивого питания (использование полезных жиров бобового, овощного, фруктового, орехового сырья и зелени), то именно эти критерии сопоставлялись с нормативными требованиями ГОСТ 31755.

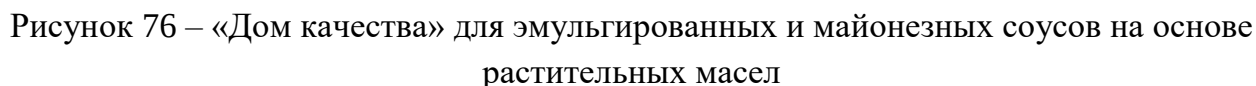
Последовательное выполнение, предусмотренных методом QFD этапов (определение и ранжирование по важности требований потребителей; определение технических требований на основе нормативных документов; определение конкурентного рейтинга и проведение технического анализа продукции конкурентов; построение матрицы взаимосвязи и рейтинга важности каждой из технических характеристик; выделение направлений для формирования качественных показателей разрабатываемых соусов) позволило получить следующие результаты (на примере соуса майонезного на основе ИГБ).

При определении значимых для потребителей требований выделены следующие параметры (таблица 42).

Таблица 42 – Ранжирование по важности требований потребителя для соуса на основе ИГБ (КО) «Классический» 50 %

Показатели потребительских предпочтений	Важность для потребителя	Ранг по важности
Вкус	$5 \pm 0,04$	1
Запах	$4 \pm 0,05$	1
Однородная консистенция	$4 \pm 0,08$	2
Цвет	$3 \pm 0,11$	2
Отсутствие масла на поверхности	$4 \pm 0,78$	1
Отсутствие пленки	$4 \pm 0,15$	1
Отсутствие комков и плотных сгустков	$4 \pm 0,02$	1
Отсутствие консервантов	$3 \pm 0,65$	2
Полезность	$4 \pm 0,04$	2
Количество белка	$4 \pm 0,98$	2
Низкая калорийность	$3 \pm 0,68$	2
Длительный срок хранения	$3 \pm 0,81$	2

Наиболее важным требованием является вкус, отсутствие масла на поверхности, отсутствие пленки, отсутствие комков и сгустков, полезность, количество белка. На втором этапе были рассмотрены характеристики двух соусов на основе растительных масел от других производителей-конкурентов: соус майонез № 1 «Провансаль», соус майонез № 2 SolPro, что позволило составить шкалу оценки по 5-балльной системе для определения конкурентного рейтинга и проведения технического анализа продукции конкурентов.



На завершающем этапе были определены относительный и абсолютный вес каждого из количественно измеряемых показателей качества с учетом рейтинга важности потребительских требований, силы зависимости между потребительскими требованиями и количественно измеряемыми показателями качества. Осуществленное квалиметрическое прогнозирование качества разрабатываемых на основе растительных масел и ППБС

соусов и проведение технического анализа продукции других производителей позволило сформировать конкурентный рейтинг разработанного соуса майонезного на основе ИГБ 50 % жирности.

Далее в ходе разработки рецептур соусов была составлена сырьевая матрица на основе органолептических показателей исходного сырья учитывающая сочетание их вкусовых, ароматических показателей с показателями ППБС (таблица 43).

Таблица 43 – Матрица сочетания ингредиентов для разработки эмульгированных соусов на основе ППБС

Наименование сырья	ИГБ	ГГЗ	ГГЖ	ГЧЗ	ГЧК
Масло подсолнечное	О	О	О	О	О
Масло оливковое Olive Tree	О		О		
Масло виноградное Costadoro		О			
Масло кукурузное «Елея»				О	
Масло кунжутное «Елея»					О
Вода	О	О	О	О	О
Сахар	О	О	О	О	О
Горчица (порошок)	О	О	О	О	О
Кислота лимонная	О	О	О	О	О
Соль поваренная пищевая	О	О	О	О	О

При проектировании и отработке рецептур соусов доля растительных масел в них изменялась в диапазоне 35–50 % (совокупно для комбинации двух масел) Итоговое соотношение продуктов переработки бобового сырья и соотношение используемых масел принимали в зависимости от органолептической оценки, вязкости получаемого соуса и показателей содержащихся жирных кислот. При выборе комбинации масел помимо данных о пищевой ценности исходили от органолептических показателей получаемого сочетания.

В результате отработок был получен ряд образцов соусов (рисунок 77): 1 – соус на основе яйца и подсолнечного масла (КО); 2 – соус на основе ИГБ и подсолнечного масла; 3 – соус на основе ИГБ и ГГЗ (20 %) с виноградным маслом; 4 – соус на основе ИГБ и ГГЗ (30 %) с виноградным маслом; 5 – соус на основе ИГБ и ГГЖ (20 %) с оливковым маслом; 6 – соус на основе ИГБ и ГГЖ (30 %) с оливковым маслом; 7 – соус на основе ИГБ и ГЧЗ

(20 %) с кукурузным маслом; 8 – соус на основе ИГБ и ГЧЗ (30 %) с кукурузным маслом; 9 – соус на основе ИГБ и ГЧК (20 %) с кунжутным маслом; 10 – соус на основе ИГБ и ГЧК (30 %) с кунжутным маслом.



Рисунок 77 – Визуализация полученных образцов эмульгированных и майонезных соусов

По результатам сенсорной оценки всех видов соусов была построена профилограмма (рисунок 78), на которой отражено, что при выборе итогового процента внесения ППБС за основу приняты следующие решения: в образцах соуса на основе ИГБ и ГГЖ с оливковым маслом при увеличении концентрации ППБС снижаются показатели – запах и насыщенность вкуса (принято 20 % введения ГГЖ). В образцах соуса на основе ИГБ и ГЧЗ с кукурузным маслом снижен баллы за цвет в обоих образцах по сравнению с КО, однако это позволяет оставить выбор на 30 % введении ГЧЗ. В образце соуса на основе ИГБ и ГГЗ с виноградным маслом снижение баллов по сравнению с КО в обоих образцах дает ярко выраженный вкус зеленого горошка, однако в ряде сочетаний с продуктами этот факт является преимуществом (принято 30 % введение ГГЗ). В образце соуса на основе ИГБ и ГЧК с кунжутным маслом снижен баллы за горечь во вкусе при повышении доли введения и принято 20 % введения ГЧК.

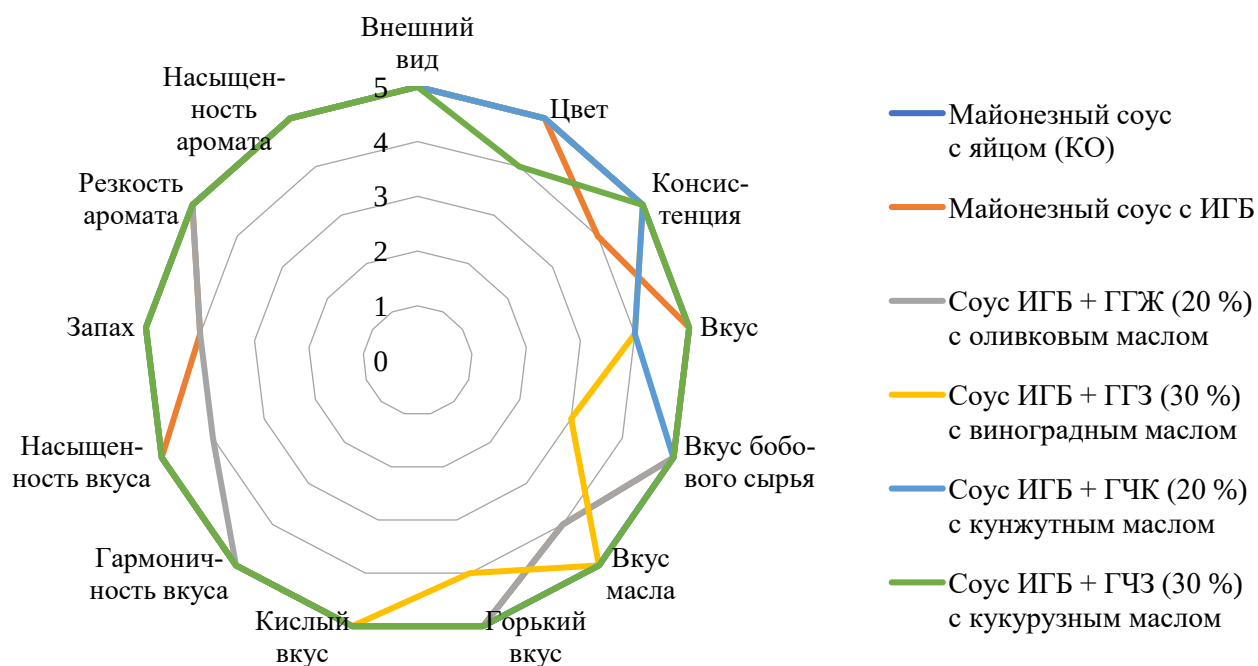


Рисунок 78 – Профилограммы сенсорной оценки эмульгированных соусов на основе растительных масел с добавлением ППБС

Для полученного ассортимента эмульгированных соусов на растительной основе были рассчитаны показатели содержания белков, жиров и углеводов, витаминов и минеральных веществ (таблица 44), определены значения ранга МНП, оценен экономический эффект от замены, проведены исследования физико-химических показателей, а также показателей качества и безопасности (таблица 45). При ранжировании с использованием разработанной МНП все позиции разработанного ассортимента подтвердили высокие значение нутриентной плотности.

Для всего ассортимента эмульгированных соусов сформирована технологическая документация, разработаны ТУ и ТИ (приложение Ж).

Таблица 44 – Результаты определения пищевой ценности разработанного ассортимента соусов майонезных и эмульгированных соусов на основе растительных масел (на 100 г)

Показатель	Майонез с яйцом (КО)	Майонезный соус с ИГБ	Соус ИГБ + ГГЗ (30 %) с виноградным маслом	Соус ИГБ + ГГЖ (20 %) с оливковым маслом	Соус ИГБ + ГЧЗ (30 %) с кукурузным маслом	Соус ИГБ + ГЧК (20 %) с кунжутным маслом
Белки, г	5,84 ± 0,35	7,74 ± 1,01	7,33 ± 0,98	7,63 ± 0,23	7,53 ± 0,45	7,53 ± 0,96
Жиры, г	59,81 ± 2,11	48,61 ± 2,23	34,21 ± 1,05	39,01 ± 2,11	34,21 ± 1,65	39,01 ± 1,87
Углеводы, г	3,16 ± 0,09	1,65 ± 0,11	4,91 ± 0,03	3,82 ± 0,08	5,61 ± 0,24	4,02 ± 0,02
Энергетическая ценность, ккал	573,9 ± 4,1	474,5 ± 2,3	356,1 ± 4,3	396,4 ± 3,7	359,6 ± 2,9	396,6 ± 3,8
Витамины						
B1, мг	0,02 ± 0,01	0,06 ± 0,01	0,10 ± 0,01	0,11 ± 0,01	0,07 ± 0,01	0,07 ± 0,01
B2, мг	0,15 ± 0,01	0,02 ± 0,01	0,02 ± 0,01	0,03 ± 0,01	0,02 ± 0,01	0,02 ± 0,01
A, мкг рет. экв.	62,51 ± 0,03	0,2 ± 0,02	0,24 ± 0,02	0,38 ± 0,03	0,4 ± 0,02	0,33 ± 0,01
D, мкг	0,88 ±	0	0	0	0	0
C, мг	1,55 ± 0,01	1,55 ± 0,02	1,19 ± 0,01	3,1 ± 0,01	1,19 ± 0,01	1,24 ± 0,01
Минеральные вещества, мг						
Na	326,37 ± 3,87	287,62 ± 4,18	203,08 ± 4,11	304,63 ± 8,13	204,93 ± 2,65	232,42 ± 6,12
K	64,41 ± 6,13	83,49 ± 5,11	111,48 ± 3,14	130,24 ± 6,15	107,22 ± 4,11	98,57 ± 2,78
Ca	33,67 ± 0,55	30,75 ± 1,86	36,83 ± 0,98	41,24 ± 0,09	36,37 ± 2,17	34,63 ± 3,01
Mg	13,29 ± 0,85	14,48 ± 0,11	16,83 ± 2,01	19,42 ± 1,98	16,23 ± 1,05	15,56 ± 1,26
P	81,96 ± 1,17	36,82 ± 1,12	42,85 ± 1,08	52,62 ± 0,99	55,32 ± 1,01	48,74 ± 0,87
Fe	1,72 ± 0,08	1,08 ± 0,01	1,26 ± 0,02	1,37 ± 0,05	1,62 ± 0,05	1,43 ± 0,04
I	8,04 ± 0,02	0,51 ± 0,02	0,37 ± 0,01	0,70 ± 0,01	0,61 ± 0,02	0,41 ± 0,01
Se	10,8 ± 0,13	1,17 ± 0,08	0,94 ± 0,01	1,82 ± 0,02	2,32 ± 0,11	1,91 ± 0,09
F	22,03 ± 0,65	3,02 ± 0,32	4,71 ± 0,11	4,11 ± 0,35	4,27 ± 0,15	3,83 ± 0,16
Себестоимость, р.	20,12	25,38	18,85	20,76	15,9	20,79
МНП	1,81	1,68	1,74	2,02	1,87	1,79

Таблица 45 – Результаты определения физико-химических и качественных показателей соусов майонезных и эмульгированных соусов на основе растительных масел

Показатель	Норма ГОСТ 31761/31755	Майонез с яйцом (КО)	Майонезный соус с ИГБ	Соус ИГБ + ГГЗ (30 %) с виноградным маслом	Соус ИГБ + ГГЖ (20 %) с оливковым маслом	Соус ИГБ + ГЧЗ (30 %) с кукурузным маслом	Соус ИГБ + ГЧК (20 %) с кунжутным маслом
Физико-химические показатели, пищевая и биологическая ценность							
Массовая доля влаги, %	< 45 / < 60 / не нормируется	26,05 ± 1,13	30,39 ± 0,78	45,42 ± 2,07	41,12 ± 1,96	44,65 ± 1,03	41,24 ± 2,13
Массовая доля белка, %	Не нормируется	5,84 ± 0,35	7,74 ± 1,01	7,33 ± 0,98	7,63 ± 0,23	7,53 ± 0,45	7,53 ± 0,96
Массовая доля жира, %	>50 / > 15 / >5	59,81 ± 2,11	48,61 ± 2,23	34,21 ± 1,05	39,01 ± 2,11	34,21 ± 1,65	39,01 ± 1,87
Кислотность в пересчете на уксусную кислоту, %	Менее 1	0,34 ± 0,01	0,21 ± 0,04	0,32 ± 0,02	0,34 ± 0,01	0,28 ± 0,03	0,22 ± 0,02
Стойкость эмульсии, % неразрушенной эмульсии	> 98 / > 97 / не нормируется	99,00 ± 0,5	100,0 ± 0,5	99,37 ± 0,15	98,13 ± 0,30	99,40 ± 0,12	99,77 ± 0,21
Ранг МНП							
Значение МНП	–	1,81	1,68	1,74	2,02	1,87	1,79
Органолептические показатели							
Общая оценка	–	4,92	4,87	4,75	4,62	4,78	4,89
Экономический эффект							
Стоимость на 1 ранг МНП	–	11,12	15,11	10,85	10,28	8,52	11,65
Показатели безопасности, мг/кг							
Массовая доля свинца	Не более 0,3	Менее 0,07	Менее 0,06	Менее 0,08	Менее 0,08	Менее 0,07	Менее 0,07
Массовая доля мышьяка	Не более 0,1	Менее 0,02	Менее 0,01	Менее 0,02	Менее 0,02	Менее 0,02	Менее 0,02
Массовая доля кадмия	Не более 0,05	Менее 0,004	Менее 0,002	Менее 0,003	Менее 0,003	Менее 0,003	Менее 0,003
Массовая доля ртути	Не более 0,05	Менее 0,001	Менее 0,001	Менее 0,001	Менее 0,001	Менее 0,002	Менее 0,002
Афлатоксин В1	Не более 0,005	Менее 0,0001	Менее 0,0001	Менее 0,0001	Менее 0,0001	Менее 0,0001	Менее 0,0001
ГХЦГ (α-, β-, γ-изомеры)	Не более 0,05	Менее 0,02	Менее 0,03	Менее 0,03	Менее 0,03	Менее 0,03	Менее 0,03

Продолжение таблицы 45

Показатель	Норма ГОСТ 31761/31755	Майонез с яйцом (КО)	Майонезный соус с ИГБ	Соус ИГБ + ГГЗ (30 %) с виноградным маслом	Соус ИГБ + ГГЖ (20 %) с оливковым маслом	Соус ИГБ + ГЧЗ (30 %) с кукурузным маслом	Соус ИГБ + ГЧК (20 %) с кунжутным маслом
ДДТ и его метаболиты	Не более 0,1	Менее 0,02	Менее 0,02	Менее 0,03	Менее 0,03	Менее 0,02	Менее 0,02
Перекисное число (ГОСТ 26593), мэкв/кг	Не более 10	Менее 0,8	Менее 0,6	Менее 0,7	Менее 0,7	Менее 0,8	Менее 0,8
Микробиологические показатели							
КМАФАнМ, КОЕ/г.	Не более $5,0 \cdot 10^4$	$2,0 \cdot 10^1$	$1,0 \cdot 10^1$	$1,5 \cdot 10^1$	$1,6 \cdot 10^1$	$1,6 \cdot 10^1$	$1,5 \cdot 10^1$
БГКП (колиформы)	Не допускаются в 0,1 г	Не обнаружены в 0,1 г					
Патогенные, в том числе сальмонеллы	Не допускаются в 25 г	Не обнаружены в 25 г					
<i>S. fureus</i>	Не допускаются в 0,1 г	Не обнаружены в 0,1 г					
<i>Proteus</i>	Не допускаются в 0,1 г	Не обнаружены в 0,1 г					
Дрожжи, КОЕ/г	Не более $5 \cdot 10^2$	Менее 100	Менее 200	Менее 200	Менее 250	Менее 250	Менее 250
Плесени, КОЕ/г	Не более 50	10	8	15	14	9	11

6.5 Разработка комбинированных фаршевых систем с введением изолята горохового белка

ИГБ является перспективным компонентом не только как пищевая технологическая добавка в пищевые матрицы, но и как сырьевой ингредиент позволяющий формировать продукцию с заменой части мясного сырья на овощные компоненты с сохранением содержания белка. С этой позиции была поставлена задача изучить особенности введения ИГБ разной степени гидролиза в фаршевую пищевую матрицу для получения ассортимента мясосодержащих полуфабрикатов в тесте (вареников категории В) и мясных блюд (суфле с тыквой и суфле с цветной капустой).

На основе полученных ранее значений ФТС (см. главу 4) для гидролизатов ИГБ (растворимостей, ВУС и ЖУС) было установлено, что показатели растворимости в холодной и горячей воде имеют низкие значения у образцов ИГБ (КО) и ГИГБ (2 %). Из образцов с максимальной растворимостью лучшим по показателю ВУС был ГИГБ с 0,075 % вложением фермента, по показателю ЖУС ИГБ (0,075 %) и ГИГБ (0,25 %). Для принятия решения в отношении выбора степени гидролиза ИГБ и концентрации внесения его в фаршевую систему была принята модельная фаршевая система из мяса говядины и свинины в соотношении 50:50 в которую вносились образцы ИГБ и его гидролизатов в концентрации 2; 4; 6; 8 и 10 % от массы фарша. Затем полученные образцы оценивались по показателям вязкости с помощью ротационного вискозиметра и влагосвязывающей способности (ВСС) методом прессования и по содержанию белка (минимальное содержание которого должно было удовлетворять нормируемым для категории В значениям).

Вязкость фаршевых систем характеризует структурно-механические (реологические) свойства, которые определяют его консистенцию и пластичность технологическое поведение, что напрямую влияет на качество получаемых в дальнейшем мясных и мясосодержащих изделий. В предварительных исследованиях установлено, что введение в мясной фарш изолятов растительных белков, обычно приводит к повышению вязкости фарша. Это связано с тем, что изоляты обладают хорошими гелеобразующими и вододерживающими свойствами, которые способствуют стабилизации фарша и увеличению его вязкости и липкости. Благодаря этому фарш становится более плотным, улучшает

структуру, удерживает влагу и жир, что улучшает текстуру и вкусовые качества готового продукта. Однако при введении гидролизатов с высокой степенью гидролиза отмечается постепенное снижение этого эффекта и при введении высоких концентраций ГИГБ с высокой степенью ферментативного воздействия (ГИГБ (2 %)) вязкость фарша снова снижается, и он снова становится более жидким (рисунок 79).

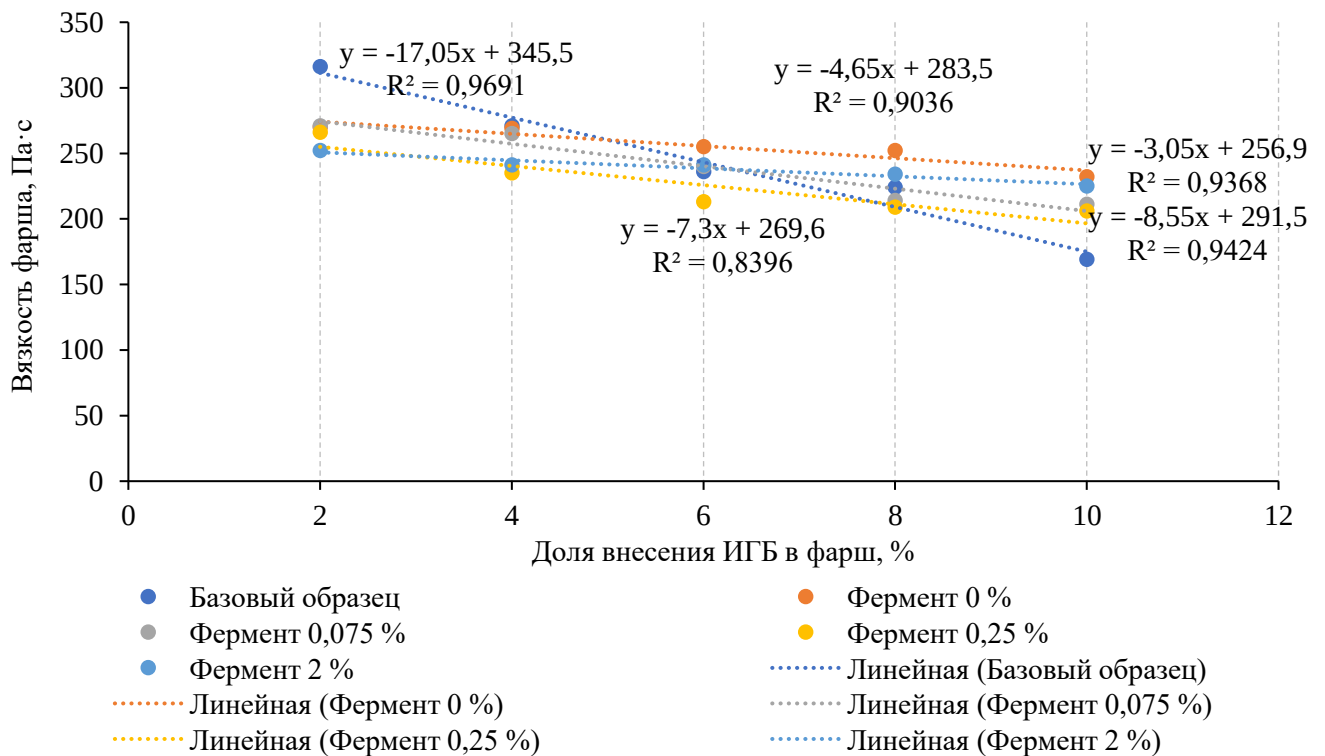


Рисунок 79 – Зависимость вязкости фарша от степени ферментативного воздействия на ИГБ

На основании полученных в ходе изучения свойств комбинированных образцов результатов была спроектирована математическая модель отражающая зависимость вязкости модельных фаршевых систем от степени гидролиза ИГБ и концентраций ИГБ и его гидролизатов в фарше (рисунок 80).

Влагосвязывающая способность характеризует степень взаимодействия влаги с компонентами фаршевых систем, что оказывает влияние на сочность, нежность и выход получаемых продуктов и связано с «каркасной фазой» формирования рубленых полуфабрикатов. Влагосвязывающая способность является важнейшим функциональным свойством сырого фарша. Она показывает степень связи белка с иммобилизованной (связанной с белком) и свободной водой. ВСС модельного фарша устанавливали по количеству

выделившейся в ходе прессования свободной воды. За величину ВСС брали содержание связанной влаги и чем большее количество свободной воды выделится, тем ниже было значение ВСС модельного фарша.

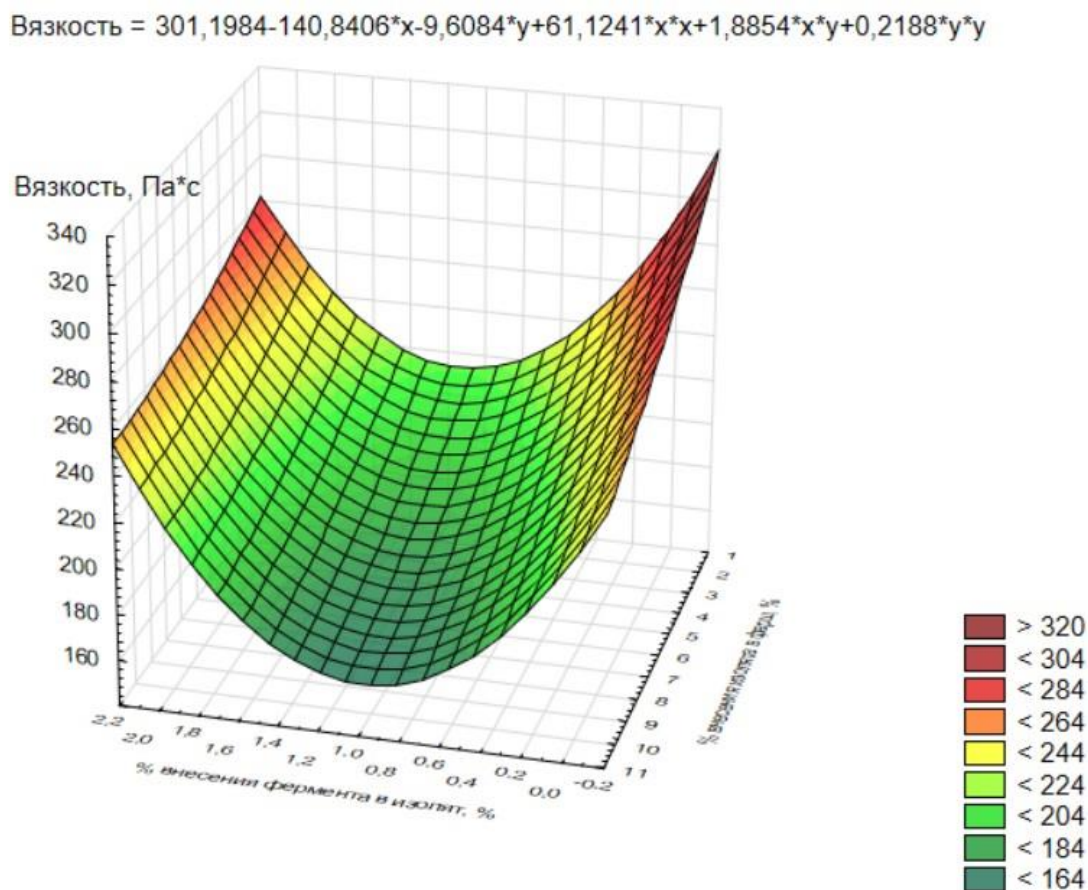
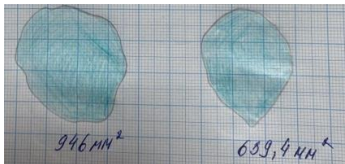


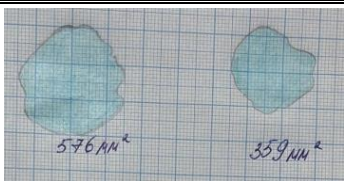
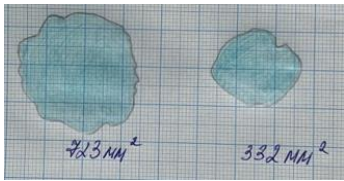
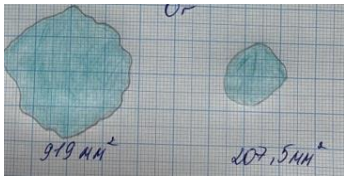
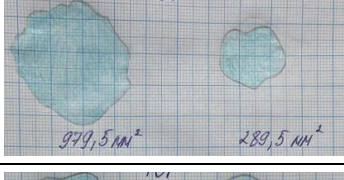
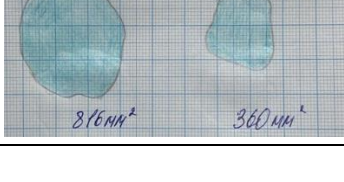
Рисунок 80 – Математическая модель зависимостей вязкости модельных фаршевых систем от степени гидролиза и концентрации внесения ППБС

Пример определения ВСС фаршевых систем с разной концентрацией введения ППБС приведен на примере ИГБ (КО) (таблица 46, также указаны соответствующие массовой доли содержащегося белка).

Таблица 46 – Динамика показателей ВСС и содержания белка при введении в модельный фарш разной концентрации ППБС

Образец	Площадь выделившейся воды, мм ²	ВСС, %	Содержание белка, %
Фарш КО		93,99	11,18

Продолжение таблицы 46

Образец	Площадь выделившейся воды, мм ²	ВСС, %	Содержание белка, %
Фарш 2 %		90,41	12,28
Фарш 4 %		89,09	13,45
Фарш 6 %		87,36	14,54
Фарш 8 %		81,24	15,63
Фарш 10 %		79,93	16,72

Исходя из построенной модели зависимости вязкости модельных фаршевых систем от степени ферментативного воздействия и концентрации внесения ППБС, а также полученных показателей ВСС был сделан вывод: ГИГБ (0,075 %) имеет оптимальные показатели вязкости, и при внесении в фаршевую систему в диапазоне от 6 % до 8 % обеспечивает содержание белка в соответствии с ГОСТ 32951-2014 «Полуфабрикаты мясные и мясосодержащие. Общие технические условия». Для мясосодержащих полуфабрикатов в тесте (вареников категории В) – не менее 9 % и мясорастительных блюд (суфле с тыквой и суфле с цветной капустой).

Результаты оценки пищевой ценности модельных фаршей (таблица 47) и показателей качества и безопасности (таблица 48) приведены ниже.

Таблица 47 – Результаты определения пищевой ценности разработанного ассортимента модельных фаршей (на 100 г)

Показатель	Фарш КО	Фарш 2 %	Фарш 4 %	Фарш 6 %	Фарш 8 %	Фарш 10 %
Внешний вид						
Белки, г	11,18 ± 0,14	12,28 ± 0,55	13,45 ± 1,21	14,54 ± 0,02	15,63 ± 1,04	16,72 ± 0,09
Жиры, г	16,76 ± 0,78	16,32 ± 0,02	15,89 ± 1,12	15,45 ± 0,35	15,01 ± 0,02	14,57 ± 0,17
Углеводы, г	0	0,09 ± 0,01	0,19 ± 0,01	0,28 ± 0,01	0,36 ± 0,01	0,45 ± 0,01
Энергетическая ценность, ккал	195,6 ± 4,74	196,4 ± 0,87	197,5 ± 2,078	198,3 ± 1,92	199,1 ± 3,14	199,8 ± 6,72
Витамины						
В ₁ , мг	0,14 ± 0,01	0,14 ± 0,01	0,22 ± 0,02	0,16 ± 0,01	0,16 ± 0,01	0,17 ± 0,02
В ₂ , мг	0,08 ± 0,01	0,08 ± 0,01	0,1 ± 0,01	0,08 ± 0,01	0,08 ± 0,01	0,07 ± 0,01
А мкг рет. экв.	0	0,02 ± 0,01	0,07 ± 0,01	0,07 ± 0,01	0,09 ± 0,01	0,11 ± 0,01
Минеральные вещества, мг						
Na	31,79 ± 0,03	31,3 ± 0,02	40,58 ± 0,08	30,35 ± 0,06	29,87 ± 0,02	29,39 ± 0,02
K	172,43 ± 0,86	180,38 ± 1,16	227,78 ± 6,80	197,02 ± 1,88	204,96 ± 4,34	212,93 ± 5,17
Ca	14,94 ± 0,39	16,62 ± 0,84	20,93 ± 0,06	20,11 ± 1,02	21,79 ± 2,85	23,48 ± 0,01
Mg	13,61 ± 1,54	14,88 ± 0,17	18,66 ± 1,92	17,5 ± 0,24	18,76 ± 1,02	20,04 ± 0,26
P	104,12 ± 0,13	106,2 ± 4,84	124,81 ± 9,02	110,67 ± 7,81	112,76 ± 2,35	114,86 ± 3,87
Fe	1,3 ± 0,01	1,38 ± 0,02	1,65 ± 0,01	1,52 ± 0,02	1,57 ± 0,01	1,65 ± 0,02
I	4,69 ± 0,01	4,65 ± 0,01	4,6 ± 0,01	4,56 ± 0,01	4,51 ± 0,01	4,46 ± 0,01
Se	0	0,21 ± 0,01	0,48 ± 0,01	0,63 ± 0,01	0,84 ± 0,01	1,05 ± 0,01
F	44,98 ± 1,64	44,2 ± 0,17	43,45 ± 2,34	42,66 ± 0,88	41,88 ± 0,09	41,1 ± 1,07

Таблица 48 – Результаты определения показателей качества и безопасности модельных фаршей

Показатели	По НД	Фарш КО	Фарш 2 %	Фарш 4 %	Фарш 6 %	Фарш 8 %	Фарш 10 %
Физико-химические показатели, пищевая и биологическая ценность							
Массовая доля белка, %	Не менее 11	11,68 ± 0,46	12,10 ± 0,06	13,87 ± 0,86	14,16 ± 0,73	15,36 ± 0,98	16,45 ± 0,84
Массовая доля жира, %	Не более 27	16,36 ± 0,56	15,89 ± 0,94	15,13 ± 0,79	14,99 ± 0,46	14,85 ± 0,64	14,36 ± 0,56
Массовая доля сухих веществ, %	Не менее 15	29,44 ± 0,34	30,19 ± 1,02	31,03 ± 0,02	31,77 ± 1,02	32,5 ± 0,82	33,24 ± 1,18
Показатели безопасности, мг/кг							
Массовая доля мышьяка	Не более 0,1	Менее 0,02	Менее 0,04	Менее 0,02	Менее 0,02	Менее 0,05	Менее 0,05
Массовая доля свинца	Не более 0,5	Менее 0,1					
Массовая доля кадмия	Не более 0,05	Менее 0,01					
Массовая доля ртути	Не более 0,03	Менее 0,003					
Афлатоксин В1	Не более 0,005	Менее 0,001					
ГХЦГ (α-, β-, γ-изомеры)	Не более 0,1	Менее 0,01					
ДДТ и его метаболиты	Не более 0,1	Менее 0,02					
Микробиологические показатели							
КМАФАнМ, КОЕ/г	Не более 5·10 ⁶	1,8·10 ²	2,3·10 ⁴	2,6·10 ²	8,4·10 ²	2,0·10 ³	2,1·10 ³
Плесени, КОЕ/г	Не более 500	8	6	4	12	10	12
БГКП (колиформы)	Не допускаются в 0,0001 г	Не обнаружены					
Патогенные, в том числе сальмонеллы	Не допускаются в 25 г	Не обнаружены					
<i>L. monocytogenes</i>	Не допускаются в 25 г	Не обнаружены					
Сульфитредуцирующие клостридии	Не допускаются в 0,1 г	Не обнаружены					

Далее в ходе разработки рецептур фаршей для суфле и вареников был принят за основу фарш с внесением ГИГБ (0,075 %), как имеющий лучшие показатели ЖУС, ВУС и растворимости в объеме внесения 6 % от массы мясных ингредиентов, как лучший по показателям вязкости и качественных характеристик. На основе этого выбора далее была составлена сырьевая матрица, учитывающая вкусоароматические параметры исходного сырья и учитывающая сочетание вкусовых, ароматических и текстурных показателей овощных наполнителей с показателями фарша с ППБС (таблица 49).

Таблица 49 – Матрица сочетания ингредиентов для разработки ассортимента вареников и мясных блюд на основе ППБС

Наименование сырья	Мясосодержащие вареники с тыквой	Мясосодержащие вареники с цветной капустой	Мясосодержащие вареники с морковью	Суфле мясное с цветной капустой	Суфле мясное с тыквой
Мясной фарш с 8 % ГИГБ (0,075 %)	О	О	О	О	О
Тыква	О		О		О
Морковь					
Лук	О	О	О	О	О
Цветная капуста		О		О	

При разработке рецептур мясных блюд и полуфабрикатов с ППБС за основу принималась замена части мясного фарша на ГИГБ (0,075 %) в объеме 6 % с целью снижения в них содержания жира при сохранении или увеличении доли содержащегося белка за счет растительного компонента. Также ставилась задача увеличения доли углеводов за счет содержащейся в овощах клетчатки.

Общий сравнительный анализ пищевой ценности разработанных рецептур с контрольными наглядно показывает, что полученные блюда отвечают требованиям здорового устойчивого питания (ввиду высокого содержания растительных компонент) и не уступают или практически равны (снижение не более 5 %) контрольным образцам практически по всем поощряемым компонентам (таблица 50).

Таблица 50 – Результаты определения пищевой ценности разработанного ассортимента блюд на основе модельных фаршей (на 100 г)

Показатель	Суфле мясное с тыквой			Суфле мясное с цветной капустой		
	КО	6 % ГИГБ (0,075 %)	Отношение к КО, %	КО	6 % ГИГБ (0,075 %)	Отношение к КО, %
Физико-химические показатели, пищевая и биологическая ценность						
Белки, г	11,60 ± 0,16	14,11 ± 0,10	121,67	12,07 ± 0,67	14,58 ± 0,89	120,83
Жиры, г	17,31 ± 0,34	15,43 ± 0,78	89,10	17,37 ± 0,36	15,49 ± 0,54	89,14
Углеводы, г	1,42 ± 0,02	1,66 ± 0,02	116,90	1,36 ± 0,02	1,60 ± 0,03	117,65
Энергетическая ценность, ккал	207,87 ± 4,50	202,00 ± 2,20	97,18	210,00 ± 3,78	204,13 ± 3,66	97,21
Витамины						
В ₁ , мг	0,15 ± 0,01	0,17 ± 0,02	108,70	0,17 ± 0,01	0,18 ± 0,02	108,00
В ₂ , мг	0,13 ± 0,01	0,13 ± 0,01	95,00	0,15 ± 0,02	0,14 ± 0,01	95,45
А мкг рет. экв.	70,80 ± 1,54	70,87 ± 1,02	100,09	21,40 ± 0,66	21,47 ± 0,98	100,31
D мкг	0,29 ± 0,02	0,29 ± 0,01	100,00	0,29 ± 0,01	0,29 ± 0,02	100,00
С, мг	1,07 ± 0,01	1,07 ± 0,04	100,00	9,33 ± 0,08	9,33 ± 0,61	100,00
Минеральные вещества, мг						
Na	190,99 ± 6,61	187,96 ± 8,02	98,42	192,51 ± 3,44	189,48 ± 2,85	98,43
K	230,87 ± 0,92	245,81 ± 2,78	106,47	232,53 ± 4,12	247,47 ± 1,66	106,42
Ca	19,82 ± 0,63	28,67 ± 0,13	144,67	20,11 ± 0,42	28,97 ± 0,14	144,02
Mg	18,09 ± 0,44	21,16 ± 0,37	116,99	18,95 ± 0,13	22,03 ± 0,56	116,22
P	125,85 ± 2,01	126,83 ± 2,24	100,77	133,39 ± 3,01	134,36 ± 2,96	100,73
Fe	1,61 ± 0,12	1,75 ± 0,07	108,26	1,91 ± 0,09	2,04 ± 0,11	106,99
I	27,32 ± 0,44	26,95 ± 0,38	98,66	27,99 ± 0,62	27,62 ± 0,16	98,69
Se	3,69 ± 0,21	4,30 ± 0,34	116,64	3,77 ± 0,12	4,39 ± 0,82	116,25
F	77,45 ± 0,87	72,88 ± 1,93	94,10	49,12 ± 0,11	44,55 ± 0,96	90,69
Себестоимость 100 г, р.	38,15	39,65	103,93	45,78	47,28	103,28
МНП	3,58	3,68	102,79	3,72	3,81	102,42
Себестоимость на 1 ранг МНП	10,65	10,76	101,03	12,31	12,39	100,65

На основе модельных фаршей также были разработаны и апробированы в производственных условиях рецептуры полуфабрикатов мясосодержащих в тесте, которые представлены на рисунках 81 и 82 (вареники с мясом и цветной капустой, тыквой, морковью). Данные рисунки подтверждают возможность использования разработанных фаршевых систем при автоматизированном процессе формирования полуфабрикатов. Масса вареников получаемых при автоматизированной выработке 20–22 г, а при ручной лепке 40–43 г.



Рисунок 81 – Пример ассортимента полученных полуфабрикатов мясосодержащих в тесте/вареников (промышленная отработка)



Рисунок 82 – Визуализация отработки ассортимента вареников

На разрабатываемый ассортимент продукции (мясосодержащих полуфабрикатов в тесте) был разработан ТУ и ТИ (приложение Ж). В ходе органолептической оценки ассортимента мясосодержащих полуфабрикатов определено соответствие требуемым качественным (органолептическим) показателям, приведенным в таблице 51 как у свежеприготовленного полуфабриката, так и после 6 месяцев хранения в соответствии с МУК 4.2.1847-04 (оценивались готовые блюда – вареники после варки).

Таблица 51 – Регламентируемые органолептические показатели качества полуфабрикатов мясосодержащих в тесте замороженных

Показатель	Характеристика
Внешний вид и форма	Вареники не слипшиеся, недеформированные, имеют форму полукруга. Края хорошо заделаны, фарш не выступает, поверхность сухая. Цвет оболочки из теста – белый с кремовым или желтоватым оттенком
Вкус	Приготовленные вареники должны иметь приятный вкус, свойственные данному виду продукта, фарш сочный, в меру соленный, без посторонних привкусов
Запах	Приготовленные вареники должны иметь приятный аромат, свойственные данному виду продукта, без посторонних запахов
Цвет	Теста – от светло-коричневого до кремового. Фарша – в соответствии с ингредиентами, содержащимися по рецептуре начинки
Посторонние включения	Не допускаются

Также для указанного ассортимента определены показатели пищевой ценности и показателей качества и безопасности, приведенные соответственно в таблицах 52 и 53.

Установлено, что ассортимент разработанных мясосодержащих замороженных полуфабрикатов в тесте с ППБС позволяет увеличить содержание белка в продукции на 4–6 % по сравнению с контрольными образцами, при снижении калорийности блюд на 8–9 %. Разработанная рецептура была апробирована в промышленных условиях ООО «Прогресс питания», г. Омск. Значение ранга МНП возросло у образцов в среднем на 0,15 п. по сравнению с контрольными образцами при снижении стоимости сырьевого набора в среднем на 9,87 %. Для всего разработанного ассортимента полуфабрикатов и мясных блюд сформирована технологическая документация, разработаны ТУ и ТИ (приложение Ж).

Таблица 52 – Результаты определения пищевой ценности разработанного ассортимента полуфабрикатов на основе модельных фаршей (на 100 г)

Показатель	Вареники мясо/тыква		Вареники мясо/морковь		Вареники мясо/цветная капуста	
	КО	6 % ГИГБ (0,075 %)	КО	6 % ГИГБ (0,075 %)	КО	6 % ГИГБ (0,075 %)
Белки, г	9,42 ± 0,04	9,70 ± 0,91	9,46 ± 2,65	9,80 ± ,42	9,43 ± 1,82	10,04 ± 3,45
Жиры, г	8,31 ± 0,06	5,98 ± 1,96	8,31 ± 0,08	5,91 ± 2,96	8,32 ± 1,48	6,03 ± 0,28
Углеводы, г	23,57 ± 0,55	23,62 ± 0,68	23,79 ± 1,85	24,08 ± 0,77	23,20 ± 2,02	23,66 ± 0,35
Энергетическая ценность, ккал	206,66 ± 2,13	187,82 ± 7,81	204,2 ± 3,16	189,21 ± 3,44	205,16 ± 5,92	188,97 ± 0,07
Витамины						
В ₁ , мг	0,08 ± 0,01	0,07 ± 0,01	0,08 ± 0,01	0,08 ± 0,01	0,11 ± 0,01	0,08 ± 0,01
В ₂ , мг	0,05 ± 0,01	0,04 ± 0,01	0,05 ± 0,01	0,04 ± 0,01	0,06 ± 0,01	0,05 ± 0,01
А мкг рет. экв	27,00 ± 0,06	27,03 ± 0,98	216,00 ± 0,11	216,03 ± 0,08	0,30 ± 0,01	0,36 ± 0,02
С, мг	0,74 ± 0,02	0,74 ± 0,02	0,53 ± 0,01	0,53 ± 0,01	7,42 ± 0,02	5,21 ± 0,02
Минеральные вещества						
Na, мг	193,55 ± 6,02	247,95 ± 4,02	195,88 ± 0,63	191,44 ± 2,72	254,95 ± 0,54	189,93 ± 1,04
K, мг	125,37 ± 0,01	117,76 ± 0,03	124,77 ± 5,16	117,15 ± 1,07	135,33 ± 2,17	118,64 ± 4,22
Ca, мг	11,05 ± 0,16	15,92 ± 0,34	11,37 ± 0,01	15,59 ± 0,03	10,66 ± 1,03	15,43 ± 0,09
Mg, мг	9,82 ± 0,03	10,25 ± 1,04	13,58 ± 2,04	13,98 ± 0,06	10,47 ± 0,35	10,69 ± 0,03
P, мг	60,02 ± 0,78	51,32 ± 0,19	64,72 ± 0,99	55,89 ± 3,08	69,59 ± 6,28	55,26 ± 1,11
Fe, мг	0,78 ± 0,02	0,74 ± 0,01	0,82 ± 0,03	0,78 ± 0,01	0,96 ± 0,02	0,89 ± 0,01
I, мг	26,72 ± 0,96	34,11 ± 2,01	27,44 ± 1,90	26,83 ± 0,84	26,84 ± 0,07	26,47 ± 1,21
Se, мг	0,07 ± 0,01	0,39 ± 0,01	0,03 ± 0,01	0,36 ± 0,01	0,08 ± 0,01	0,44 ± 0,01
F, мг	39,93 ± 0,03	33,50 ± 1,02	34,35 ± 0,17	27,92 ± 0,03	24,55 ± 0,88	18,20 ± 0,94
Себестоимость 100 г, р.	22,61	20,30	26,76	24,44	21,31	18,99
МНП	5,86	6,27	5,61	5,65	6,18	6,60

Таблица 53 – Результаты оценки показателей качества и безопасности разработанного ассортимента полуфабрикатов на основе модельных фаршей

Показатель	Значение по ТУ 10.85.11-026- 39898879-2024	Вареники мясо/тыква		Вареники мясо/морковь		Вареники мясо/цветная капуста	
		КО	6 % ГИГБ (0,075 %)	КО	6 % ГИГБ (0,075 %)	КО	6 % ГИГБ (0,075 %)
Физико-химические показатели, пищевая и биологическая ценность							
Масса одного вареника (машинная лепка), г	20,0 ± 5,0	21,0 ± 3,1	20,8 ± 3,0	22,0 ± 2,2	22,0 ± 2,6	20,9 ± 3,4	21,0 ± 3,1
Масса одного вареника (ручная лепка), г	40,0 ± 5,0	39,6 ± 4,0	41,0 ± 3,6	41,8 ± 2,7	40,9 ± 3,0	40,8 ± 2,9	41,2 ± 3,5
Толщина тестовой оболочки, мм	Не более 2,0	1,96 ± 0,03	1,97 ± 0,02	1,92 ± 0,01	1,93 ± 0,01	1,95 ± 0,03	1,92 ± 0,03
Толщина тестовой оболочки в местах заделки, мм	Не более 3,0	2,93 ± 0,03	2,95 ± 0,01	2,96 ± 0,01	2,92 ± 0,04	2,92 ± 0,03	2,97 ± 0,03
М. д. сухих веществ в тесте, %	Не менее 43,4	61,3 ± 1,1	61,3 ± 1,1	61,3 ± 1,1	61,3 ± 1,1	61,3 ± 1,1	61,3 ± 1,1
М. д. сухих веществ в фарше (начинке), %	Не менее 10,0	16,28	14,47	16,74	14,93	16,02	14,73
М. д. жира в тесте, %	Не менее 1,5	1,54 ± 0,06	1,54 ± 0,06	1,54±0,06	1,54 ± 0,06	1,54 ± 0,06	1,54 ± 0,06
М. д. жира в фарше (начинке), %	Не менее 4,0	7,61 ± 0,08	5,30 ± 0,06	7,62±0,02	5,31 ± 0,04	7,63 ± 0,08	5,34 ± 0,04
М. д. фарша (начинки) к массе изделия, %	Не менее 45,0	55,62 ± 1,60	54,80 ± 1,32	55,17 ± 1,24	55,02 ± 1,89	54,87 ± 1,70	53,54 ± 2,17
М. д. поваренной соли, %	Не более 1,7	1,04 ± 0,01	1,04 ± 0,01	1,04 ± 0,01	1,04 ± 0,01	1,04 ± 0,01	1,04 ± 0,01
Ранг МНП							
Значение МНП	–	5,86	6,27	5,61	5,65	6,18	6,60
Органолептические показатели							
Общая органолептическая оценка	–	4,86	4,93	4,74	4,72	4,85	4,83
Экономический эффект							
Изменение себестоимости по сравнению с КО, %	–	–	–10,2	–	–8,6	–	–10,8
Себестоимость на 1 ранг МНП	–	3,86	3,24	4,77	4,33	3,45	2,88

Продолжение таблицы 53

Показатель	Значение по ТУ 10.85.11-026- 39898879-2024	Вареники мясо/тыква		Вареники мясо/морковь		Вареники мясо/цветная капуста	
		КО	6 % ГИГБ (0,075 %)	КО	6 % ГИГБ (0,075 %)	КО	6 % ГИГБ (0,075 %)
Показатели безопасности, мг/кг							
М. д. свинца	Не более 0,5	Менее 0,10	Менее 0,04	Менее 0,08	Менее 0,05	Менее 0,02	Менее 0,02
М. д. мышьяка	Не более 0,1	Менее 0,02	Менее 0,02	Менее 0,01	Менее 0,03	Менее 0,081	Менее 0,01
М. д. кадмия	Не более 0,05	Менее 0,01	Менее 0,02	Менее 0,01	Менее 0,01	Менее 0,01	Менее 0,01
М. д. ртути	Не более 0,03	Менее 0,002	Менее 0,002	Менее 0,003	Менее 0,001	Менее 0,002	Менее 0,002
Афлатоксин В1	Не более 0,005	Менее 0,001	Менее 0,001	Менее 0,001	Менее 0,001	Менее 0,001	Менее 0,001
ГХЦГ (α-, β-, γ-изомеры)	Не более 0,1	Менее 0,02	Менее 0,01	Менее 0,01	Менее 0,02	Менее 0,01	Менее 0,01
ДДТ и его метаболиты	Не более 0,1	Менее 0,01	Менее 0,03	Менее 0,03	Менее 0,01	Менее 0,02	Менее 0,03
Микробиологические показатели							
КМАФАнМ, КОЕ/г	Не более 5·10 ⁶	0,6·10 ³	0,8·10 ³	1,2·10 ³	2,0·10 ³	1,8·10 ³	0,6·10 ³
БГКП (колиформы)	Не допускаются в 0,0001 г	Не обнаружены					
Патогенные, в том числе сальмонеллы	Не допускаются в 25 г	Не обнаружены					
<i>L. monocytogenes</i>	Не допускаются в 25 г	Не обнаружены					
Сульфитредуцирующие клостридии	Не допускаются в 0,1 г	Не обнаружены					
Плесени, КОЕ/г	Не более 500	менее 10	менее 10	менее 10	менее 10	менее 10	менее 10

Выводы по шестой главе

В рамках решения задачи по разработке рецептур и технологии производства продуктов на основе изолятов и гидролизатов растительного белка на основе методологии проектирования белковосодержащих пищевых систем, предусматривающих введение БСППБС в различные пищевые матрицы, были предложены и апробированы блок-схема этапов разработки нового продукта на основе и система принятия решений, позволяющая осуществлять проектирование рецептур и технологии производства продуктов с использованием БСППБС.

При использовании этих инструментов и на основе сопоставительной оценки органолептических показателей и нутриентной плотности с использованием МНП был разработан ассортимент пастообразных соусов на основе ферментированных ППБС.

В линейке пастообразных соусов в случае замены муки пшеничной на ГЧК в образцах томатного и тыквенного соусов их вкус по сравнению с контрольными образцами улучшился, при этом содержание белка увеличилось в томатном соусе на 12,7 %, а в тыквенном – на 27,2 %, содержание витаминов В₁ и В₂ в томатном соусе выросло соответственно на 50 % и 100 %, в тыквенном – на 33 % и 50 %; кроме того, значительно возросло содержание Са (11,0 % и 15,3 %), Mg (7,3 % и 22,1 %), P (20,6 % и 51,7 %), Fe (28,9 % и 102,2 %), Se (73,5 % и 130,45 %). При этом совокупное значение ранга МНП также возросло с 1,71 и 1,75 у контрольных образцов до 1,86 и 1,98 у томатного и тыквенного соусов с чечевичным гидролизатом при изменении стоимости сырьевого набора за 100 г на 0,8 % и 3 % соответственно. В отношении замены четвертой части орехов на ГЧК в ореховом соусе, помимо снижения стоимости сырьевого набора на 84,6 % при фактическом сохранении значения ранга МНП (2,68 при 2,65 у КО) и сохранении высокой сенсорной оценки, снизилось содержание жиров на 21,1 %. Рост содержания белков в соусе составил 5,1 %, витамина В₁ – 12,5 %, Fe – 41,2 %, Se – 46,4 %.

При разработке салатных заправок (неэмульгированных соусов на основе растительного масла – дрессингов) внесение 10 % ИГБ по соотношению к массе жирового компонента позволяет значительно увеличить по сравнению с контрольными образцами содержание белка, железа, селена, магния, калия, фтора и фосфора в несколько раз (0,5–5,0).

При этом значение ранга МНП возросло у образцов в среднем на 0,32 п ранга МНП при изменении стоимости сырьевого набора на 22 %.

В ходе разработки эмульсионных пищевых матриц на основе ферментированных ППБС было обосновано применение микроволновой обработки ППБС как стадии технологического процесса. В ходе эксперимента установлены закономерности потери массы и изменения вязкости растворов ИГБ разной концентрации от времени СВЧ-обработки (мощность 800 Вт; частота 2450 МГц; экспозиция 30; 45; 60; 75; 90 с). Результаты эксперимента подтверждают снижение содержания фитиновой кислоты в подвергнутых СВЧ-обработке гидролизатах ППБС в среднем на 63–93 %, ингибитора трипсина – на 61–82 %. По данным, полученным в результате СВЧ-обработки ИГБ, ГЧК, ГЧЗ, ГГЗ и ГГЖ, можно отметить следующее: значительно улучшены органолептические свойства вводимых гидролизатов; снижение содержания антипитательных веществ соотносится с временем микроволнового воздействия и позволяет снизить их практически вдвое за 90 с; наблюдается снижение КМАФАнМ до уровня ниже 10^3 КОЕ/г для всех видов образцов.

Дальнейшая разработка ассортимента эмульсионных пищевых систем на основе растительного масла осуществлялась на основе инструментов квалиметрического прогнозирования с использованием метода структурирования функции качества, что позволило получить майонезный соус на основе ИГБ (без яичных компонентов), а также эмульгированные соусы на основе растительных масел: соус ИГБ + ГГЗ (30 %) с виноградным маслом; соус ИГБ + ГГЖ (20 %) с оливковым маслом; соус ИГБ + ГЧЗ (30 %) с кукурузным маслом и соус ИГБ + ГЧК (20 %) с кунжутным маслом. При ранжировании с использованием разработанной МНП все позиции разработанного ассортимента подтвердили высокие значения нутриентной плотности.

В ходе разработки комбинированных фаршевых пищевых матриц с введением ИГБ изучены свойства комбинированных образцов, что позволило спроектировать математическую модель, отражающую зависимость вязкости модельных фаршевых систем от степени гидролиза ИГБ и концентраций ИГБ и его гидролизатов в фарше. Установленная зависимость позволила принять за основу разрабатываемого ассортимента фарш с внесением ГИГБ (0,075 %), имеющий лучшие показатели ЖУС, ВУС и растворимости в объеме внесения 6 % от массы мясных ингредиентов, а также лучшую вязкость и качественные характеристики.

В мясных суфле содержание белка увеличилось на 20–22 %, содержание жира снизилось на 10–12 %, более чем на 20 % по сравнению с контрольными образцами увеличилось содержание Ca, Mg, Se. Аналогичная динамика по минеральным веществам характерна и для ассортимента мясосодержащих вареников с 6 % ГИГБ (0,075 %) (с тыквой, цветной капустой и морковью). Кроме того, у вареников за счет внесения ГИГБ снизилось содержание жира в среднем на 28–30 %, а содержание белка увеличилось на 4–6 % по сравнению с контрольными образцами. При ранжировании с использованием разработанной МНП все позиции разработанного ассортимента подтвердили более высокие значения нутриентной плотности по сравнению с контрольными образцами.

Для подтверждения качества и безопасности разработанного ассортимента были проведены исследования физико-химических показателей, оценено содержание токсичных элементов, проведены микробиологические исследования, в том числе для полуфабрикатов, полученных на основе фаршевых систем с ГИГБ свежеприготовленных и после 6 мес. хранения при температуре минус 18 °С. На все позиции разработанного ассортимента сформированы технологические документы (акты переработки, ТК, ТТК), техническая документация (ТУ и ТИ), лабораторно подтверждены сроки годности, проведена производственная апробация (ООО Прогресс питание», г. Омск; ООО «Управляющая Компания Фуд-Мастер», г. Новосибирск).

Результатирующие значения рангов нутриентной плотности для разработанного ассортимента и контрольных образцов приведены в таблице 54.

Таблица 54 – Значения рангов МНП, полученных при формировании разработанного ассортимента

Пищевая продукция	МНП	Калорийность на 100 г, ккал	Себестоимость, р.		МНП на 1 р.	Себестоимость 1 МНП, р.
			на 100 ккал	на 100 г		
Соус томатный КО	1,71	91,00	39,81	36,23	0,05	21,22
Соус томатный (100 % ГЧК)	1,86	90,70	40,29	36,54	0,05	19,63
Соус тыквенный КО	1,75	83,80	20,68	17,33	0,10	9,93
Соус тыквенный (100 % ГЧК)	1,98	83,30	21,44	17,86	0,11	9,03
Соус ореховый КО	2,65	216,00	16,14	34,87	0,08	13,18
Соус ореховый (25 % ГЧК)	2,68	201,30	14,65	29,49	0,09	11,00
Дрессинг 1 (подсолнечный) КО	1,04	198,8	2,07	4,12	0,25	3,96
Дрессинг 1 (подсолнечный) с ИГБ	1,51	205,50	3,14	6,46	0,23	4,28
Дрессинг 2 (кунжутный) КО	1,50	197,2	4,41	8,69	0,17	5,79

Продолжение таблицы 54

Пищевая продукция	МНП	Калорийность на 100 г, ккал	Себестоимость, р.		МНП на 1 р.	Себестоимость 1 МНП, р.
			на 100 ккал	на 100 г		
Дрессинг 2 (кунжутный) с ИГБ	1,73	203,90	5,41	11,03	0,16	6,38
Дрессинг 3 (оливковый) КО	1,36	184,9	5,94	10,98	0,12	8,08
Дрессинг 3 (оливковый) с ИГБ	1,35	191,60	6,95	13,32	0,10	9,86
Дрессинг 4 (кукурузный) КО	1,26	181,4	3,38	6,14	0,20	4,89
Дрессинг 4 (кукурузный) с ИГБ	1,53	188,10	4,51	8,48	0,18	5,55
Майонез с яйцом КО	1,81	573,9	3,51	20,12	0,09	11,12
Майонезный соус с ИГБ «Классический» 50 % жирности	1,57	474,50	5,35	25,38	0,06	16,21
Соус ИГБ + ГГЗ (20 %) с виноградным маслом	1,60	395,40	5,12	20,25	0,08	12,62
Соус ИГБ + ГГЗ (30 %) с виноградным маслом	1,62	356,10	5,29	18,85	0,09	11,65
Соус ИГБ + ГГЖ (20 %) с оливковым маслом	1,88	396,40	5,24	20,76	0,09	11,05
Соус ИГБ + ГГЖ (30 %) с оливковым маслом	1,72	357,60	5,18	18,51	0,09	10,76
Соус ИГБ + ГЧЗ (20 %) с кукурузным маслом	1,68	397,70	4,41	17,55	0,10	10,42
Соус ИГБ + ГЧЗ (30 %) с кукурузным маслом	1,74	359,60	4,42	15,9	0,11	9,16
Соус ИГБ + ГЧК (20 %) с кунжутным маслом	1,66	396,60	5,24	20,79	0,08	12,52
Соус ИГБ + ГЧК (30 %) с кунжутным маслом	1,70	357,90	5,27	18,87	0,09	11,11
Вареники мясо/тыква КО	5,86	206,58	10,94	22,61	0,26	3,86
Вареники мясо/тыква + 6 % ГИГБ (0,075 %)	6,27	187,80	10,81	20,3	0,31	3,24
Вареники мясо/цветная капуста КО	5,61	205,59	13,02	26,76	0,21	4,77
Вареники мясо/цветная капуста + 6 % ГИГБ (0,075 %)	5,65	188,97	12,93	24,44	0,23	4,33
Вареники мясо/морковь КО	6,18	208,42	10,22	21,31	0,29	3,45
Вареники мясо/морковь + 6 % ГИГБ (0,075 %)	6,60	189,64	10,01	18,99	0,35	2,88
Суфле мясное с тыквой КО	3,58	207,87	18,35	38,15	0,09	10,65
Суфле мясное с тыквой + ГИГБ (0,075)	3,68	202,00	19,63	39,65	0,09	10,76
Суфле мясное с цветной капустой КО	3,72	210,00	21,80	45,78	0,08	12,31
Суфле мясное с цветной капустой + ГИГБ (0,075)	3,81	204,13	23,16	47,28	0,08	12,39

Использование ППБС позволило в большинстве случаев значительно увеличить нутриентную плотность контрольных образцов при снижении сырьевой стоимости, обеспечивающей 1-й ранг МНП. Апробация МНП как инструмента ранжирования и оценки при разработке новой продукции и корректировке ингредиентного состава показала способность формировать более эффективные с позиции нутриентной плотности рецептурные решения.

7 Практическая апробация методологии системы оценки и ранжирования пищевых продуктов и рационов на основе интегральной оценки качества питания

7.1 Интегральный показатель оценки качества рациона как инструмент оценки питания в образовательных организациях

В основе оценки качества школьного питания в России лежит проверка его соответствия требованиям СанПиН 2.3/2.4.3590-20; во всех случаях выявленных отклонений органы Роспотребнадзора выносят заключение о выявлении нарушений и предписание об их устранении. Понятие нутриентной плотности не используется для комплексной оценки и сопоставления рационов, проводится только проверка на выполнение рекомендуемых значений. При этом в качестве обязательных для выполнения норм в СанПиН выступают суточные нормы потребления, а анализ соответствия требованиям предполагает сравнение фактического содержания контролируемых веществ в рационе и норматива с учетом доли покрытия рационом отдельного приема пищи (завтрак 20–25 %, обед 30–35 % и т. д.).

С позиций использования цифровых технологий для проектирования и анализа меню представляет интерес возможность оценки и контроля организации школьного питания на основе разработанного кросс-платформенного программного средства «Мониторинг питания и здоровья» [149; 213; 217]. Указанное программное средство автоматизирует разработку и фиксацию реально действующего циклического меню, позволяет осуществлять его адаптацию для питания детей, страдающих сахарным диабетом или пищевой аллергией, организует базу данных с архивами меню; в нем возможно проведение гигиенической экспертизы меню, мониторинга цен поступивших пищевых продуктов, мониторинга «состава школьной тарелки» по содержанию основных питательных веществ, весу и стоимости ингредиентов, реализован доступ к подборке типовых меню для разных возрастных групп и организаций. Для лиц, осуществляющих контроль, надзор и принятие управленческих решений, в программе предусмотрена возможность альтернативной оценки качества организации питания через контроль «съедаемости» предлагаемых рационов, а также посредством внесения результатов общественного и родительского кон-

троля. Еще одной функцией, направленной на предупреждение рисков и совершенствование питания школьников, является возможность формирования различных баз данных о состоянии организации питания – от перечня и состояния используемых ресурсов (материальных, финансовых, трудовых, сырьевых) до особенностей состояния здоровья и имеющихся ограничений в целевых группах, питающихся в образовательных учреждениях.

Разработанное программное средство позволяет анализировать данные о качестве организации питания в разрезе субъектов РФ и по приемам пищи с возможностью получения как агрегированных данных, так и оценки достоверности и качества первичных сведений, внесенных на уровне образовательной организации.

У всех организаторов питания (самых образовательных учреждений или компаний-аутсорсеров) предусмотрена функция формирования заключения в виде «Гигиенической оценки меню», которая на основе информации об энергетической, пищевой и витаминно-минеральной ценности меню по приемам пищи позволяет оценить выполнение норм по средним значениям по рациону, проанализировать наличие запрещенных и нерекомендуемых продуктовых и сырьевых позиций, выявить повторяемость блюд, определить и оценить совокупный объем добавленных сахаров и соли. Функция расчета комплексного оценочного показателя (ИПОКР), который отражает интегральную оценку меню, реализована в отдельном оценочном модуле и находится в процессе тестирования и валидации.

В качестве примера аналитических и агрегационных возможностей программного средства в приложении И приведены результаты аналитической обработки организации школьного питания на примере данных о рационах завтраков (из фактически реализованных меню), полученных в течение 2024 г. от образовательных организаций регионов Сибирского федерального округа с использованием традиционных гигиенических подходов [179]. В анализе участвовало 2 007 циклических меню образовательных учреждений округа. Циклические меню были получены в разные периоды одного учебного года и отражают особенности организованного питания в среднем за год без выделения сезонности, что дает возможность оценить его качество усредненно за год. В приложении И отражены классические подходы к санитарно-гигиенической оценке рациона с позиций его соответствия нормативным требованиям и покрытия рационом завтрак + обед потребностей соответствующей целевой группы в калориях, белках, жирах, углеводах, витаминах и минеральных веществах; также оцениваются на соответствие рекомендуемым значениям основные соотношения макронутриентов, кальция, магния и фосфора, содержания соли и сахара в рационе.

В отношении каждого проанализированного ранее показателя выполнение суточной нормы может иметь графическую интерпретацию – в виде профиля, отражающего особенности организации питания по федеральному округу в целом (рисунок 83) или в том или ином субъекте РФ, например Новосибирской области (рисунок 84).

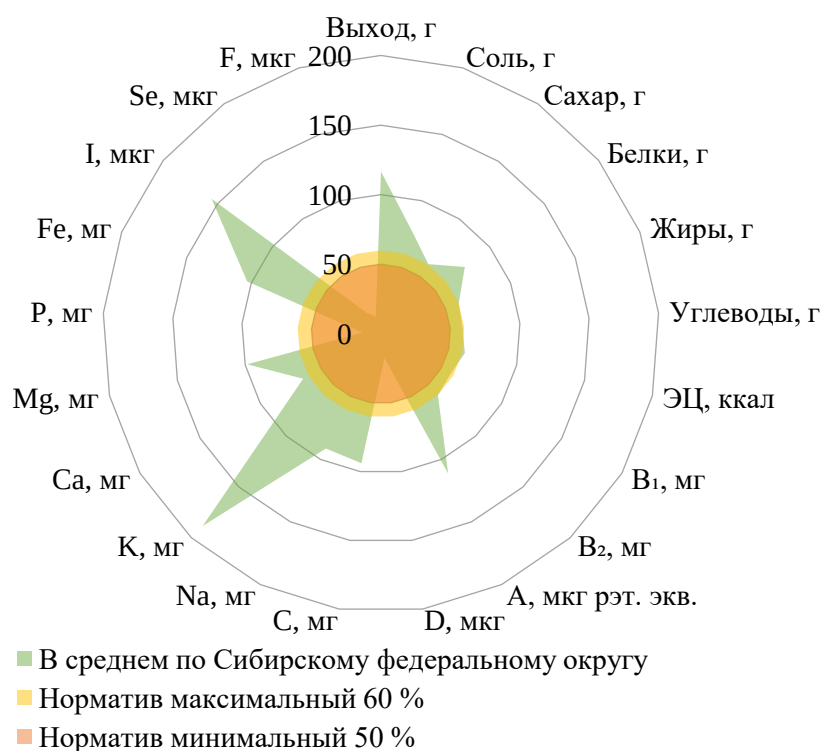


Рисунок 83 – Профилограмма выполнения суточных норм питания рационом завтрак + обед в Сибирском федеральном округе

Совокупное графическое отражение процентных значений выполнения суточных нормативов позволяет наглядно оценивать имеющиеся дисбалансы и согласованные тенденции в питании школьников анализируемых субъектов. Это особенно важно при анализе рационов, призванных покрывать 100 % суточной потребности целевого контингента. При изучении рационов по отдельным приемам пищи выявляемые дисбалансы могут быть некритичными ввиду того, что отклонения в рационах завтрака и обеда компенсируются как друг другом, так и домашним питанием. Однако отклонения ниже 20 % и выше 100 % по отдельным нутриентам должны рассматриваться особенно тщательно, поскольку могут свидетельствовать о системных перекосах в питании, приводящих к гипо- или гиперсодержанию нутриентов.

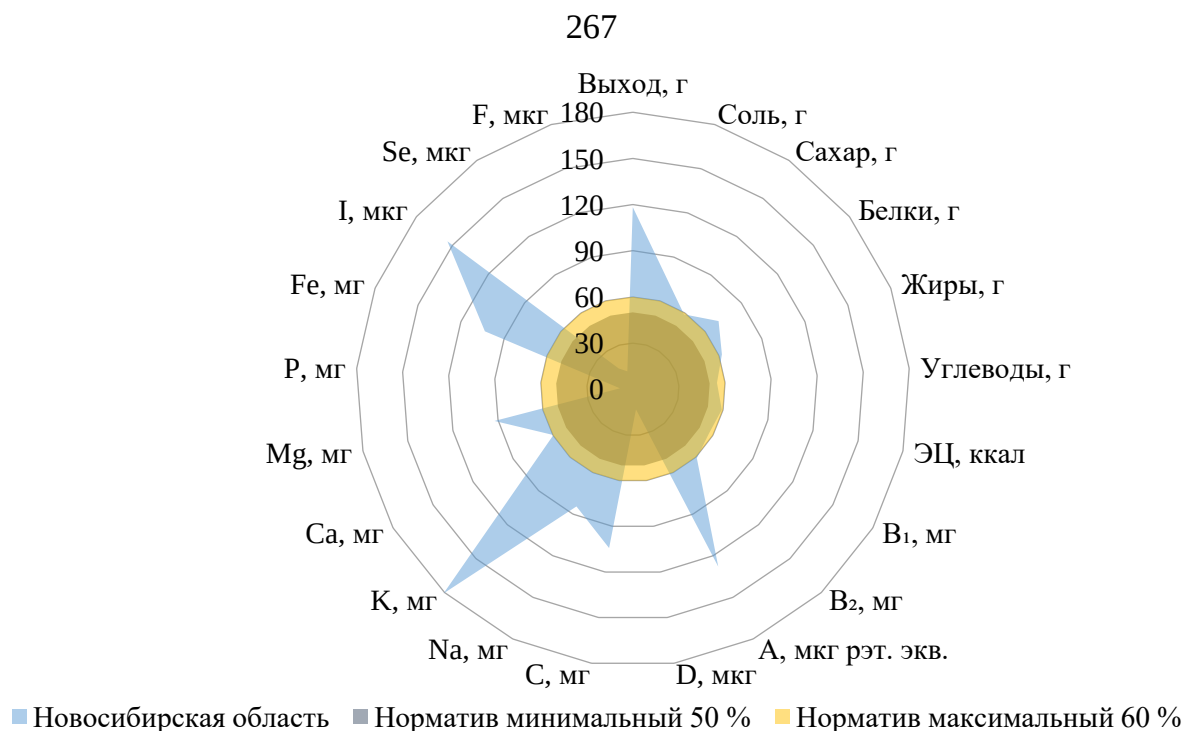


Рисунок 84 – Профилограмма выполнения суточных норм питания рационом завтрак + обед в Новосибирской области

Следующим оцениваемым компонентом была биологическая ценность рационов, отражающаяся в содержании и соотношении отдельных аминокислот (АК), в том числе содержания незаменимых (НАК) (таблица 55).

Как видно из приведенных данных, общее содержание НАК в АК достаточно равномерно и составляет 42–44 %. Лимитирующими называют незаменимые АК, которые входят в состав определенных белков продуктов питания в наименьших количествах в сравнении с их физиологической потребностью и в силу этого ограничивают полноту использования данного белка в пластических целях. Если качественно содержащиеся аминокислоты не имеют лимитирующей НАК, то это позволяет усваивать весь поступающий белок. В то же время если среди НАК есть лимитирующая (значение которой менее единицы), то фактически организм сможет усваивать белок только в этом соотношении. НАК не могут быть синтезированы организмом, а лимитирующие аминокислоты – это те НАК, дефицит которых проявляется больше и чаще всего. Если рацион не будет сбалансирован хотя бы по одной из лимитирующих аминокислот, то самая лимитирующая аминокислота будет ограничивать использование всех остальных и протеина в целом – это закон минимума Либиха. Другими словами, при недостатке лимитирующей НАК бессмысленно увеличивать в рационе содержание белка и связанных с ним в соотношениях углеводов и жиров для повышения качества питания.

Таблица 55 – Содержание аминокислот в комплексе завтрак + обед образовательных учреждений Сибирского федерального округа

Субъект РФ	Белок, г	Содержание, мг																		Сумма НАК, мг	Сумма АК, мг	Доля НАК, %
		Валин	Изолейцин	Лейцин	Лизин	Метионин	Треонин	Триптофан	Фенилаланин	Аланин	Аргинин	Аспарагиновая кислота	Гистидин	Глицин	Глутаминовая кислота	Пролин	Серин	Тирозин	Цистин			
Республика Алтай	62,1	2216,2	1892,2	3202,3	2772,1	847,9	1665,4	563,4	1978,0	2021,8	2291,7	3293,6	1323,5	1731,0	7675,4	2400,4	1902,4	1461,4	672,2	17271,2	39910,9	43,3
Алтайский край	60,0	2183,2	1875,2	3129,5	2518,7	818,9	1606,1	560,6	2021,6	1970,2	2215,9	3130,9	1206,7	1715,6	8094,9	2622,4	1921,0	1449,7	688,5	16852,0	39729,4	42,4
Иркутская область	57,2	2017,0	1733,2	2917,0	2381,2	753,2	1487,8	515,1	1851,5	1825,2	2086,8	2937,4	1152,9	1557,0	7313,4	2329,4	1773,1	1333,0	642,7	15631,7	36606,9	42,7
Кемеровская область	54,7	1756,9	1490,8	2416,4	2084,6	664,6	1270,3	423,0	1482,5	1404,2	1505,7	2447,9	944,4	1106,8	6178,7	2212,3	1575,8	1177,8	468,2	13235,0	30610,8	43,2
Красноярский край	55,9	1721,4	1479,3	2692,4	2384,2	656,1	1330,3	461,6	1529,5	1727,9	1940,1	2538,5	1216,6	1285,6	5641,4	1773,9	1489,5	1157,1	547,0	13958,9	31572,4	44,2
Новосибирская область	54,7	1800,5	1532,8	2618,9	2182,1	693,4	1343,6	469,4	1614,1	1645,4	1885,1	2680,4	1042,1	1385,1	6208,6	1968,8	1610,7	1196,6	562,1	14013,5	32439,8	43,2
Омская область	56,8	1964,8	1688,5	2870,5	2471,0	729,8	1463,8	512,4	1753,0	1760,0	2058,7	2805,3	1237,7	1469,8	6791,4	2191,1	1683,9	1318,5	601,0	15373,4	35371,2	43,5
Томская область	56,1	1847,3	1499,4	2633,0	2228,8	684,6	1375,4	467,3	1610,1	1649,8	1781,6	2845,5	1119,9	1406,4	6431,5	1950,6	1628,6	1201,3	533,8	14080,9	32894,8	42,8
Республика Тыва	57,9	2038,7	1749,1	2998,1	2540,0	758,9	1524,3	514,1	1845,7	1883,0	2145,6	3017,4	1245,5	1596,7	7292,2	2259,7	1761,1	1340,6	636,4	15945,8	37147,0	42,9
Республика Хакасия	57,5	2007,7	1713,5	2932,3	2503,6	750,9	1501,0	504,0	1799,1	1850,4	2099,5	3003,6	1216,8	1568,5	7109,9	2184,7	1736,8	1315,1	621,2	15648,5	36418,9	43,0
<i>В среднем по округу</i>	59,3	2178,4	1856,0	3169,3	2683,9	821,0	1622,4	555,4	1941,8	1973,0	2213,3	3188,2	1302,6	1632,0	7645,3	2454,4	1908,3	1445,6	661,0	16934,7	39251,9	43,1
<i>В среднем по России</i>	58,6	2062,0	1757,3	3003,8	2558,7	750,4	1534,3	532,5	1859,3	1869,7	2162,6	3075,6	1237,7	1568,4	7117,2	2282,9	1802,0	1365,6	632,4	16056,2	37172,4	43,2

Биологическая ценность рациона определялась с учетом ряда показателей аминокислотной сбалансированности: минимального сора незаменимых аминокислот, коэффициента утилитарности аминокислотного состава рациона и показателя сопоставимой избыточности содержания незаменимых аминокислот. За основу сравнения по данному параметру было принято содержание аминокислот в 1 г «идеального» (эталонного) белка, рассчитанное экспертами ФАО и ВОЗ [316]. Предварительно было рассчитано, а затем проанализировано содержание в рационе лимитирующей НАК, г/100 г белка (таблица 56).

Таблица 56 – Аминокислотный скор незаменимых аминокислот в завтраках и обедах в образовательных учреждениях Сибирского федерального округа

Субъект РФ	Отношение содержания НАК к «идеальному» белку (аминокислотный скор)								
	Валин	Изолейцин	Лейцин	Лизин	Метионин + цистин	Треонин	Триптофан	Фенилаланин + тирозин	Гистидин
Республика Алтай	0,89	1,02	0,85	0,93	1,06	1,07	1,38	1,35	1,33
Алтайский край	0,91	1,04	0,85	0,87	1,09	1,07	1,42	1,41	1,26
Иркутская область	0,88	1,01	0,84	0,87	1,06	1,04	1,36	1,36	1,26
Кемеровская область – Кузбасс	0,80	0,91	0,72	0,79	0,90	0,93	1,17	1,19	1,08
Красноярский край	0,77	0,88	0,79	0,89	0,94	0,95	1,25	1,17	1,36
Новосибирская область	0,82	0,93	0,78	0,83	1,00	0,98	1,30	1,25	1,19
Омская область	0,87	0,99	0,83	0,91	1,02	1,03	1,37	1,32	1,36
Томская область	0,82	0,89	0,77	0,83	0,94	0,98	1,26	1,22	1,25
Республика Тыва	0,88	1,01	0,85	0,91	1,05	1,05	1,35	1,34	1,35
Республика Хакасия	0,87	0,99	0,84	0,91	1,04	1,04	1,33	1,32	1,32
<i>В среднем по округу</i>	0,92	1,04	0,88	0,94	1,09	1,09	1,42	1,39	1,37
<i>В среднем по России</i>	0,88	1,00	0,84	0,91	1,03	1,05	1,38	1,34	1,32

На основе полученных данных была рассчитана группа показателей, отражающих сбалансированность и биологическую ценность белков, содержащихся в усредненном комплексе завтрак + обед по субъектам Сибирского федерального округа (таблица 57). Отдельно следует отметить, что в расчеты закладывались значения без учета особенностей усвоения белка, поступающего из растительных и животных источников. В разработанном программном средстве на момент анализа реализована функция учета потерь при технологической холодной и тепловой обработке, однако функция учета особенностей

усвоения макронутриентов и иных веществ, поступающих с пищей, в зависимости от сырьевого источника находится в разработке ввиду сложности поиска валидных источников информации по широкому спектру сырья.

Таблица 57 – Результаты оценки качества белкового компонента в завтраках и обедах в образовательных учреждениях Сибирского федерального округа

Субъект РФ	Показатель качества белка							
	МИН	КРАС	БЦ	U	КОАС	R_c	σ_c	ИНАК
Республика Алтай	0,85-Лей	0,25	74,78	0,88	1,54	0,88	63,61	1,08
Алтайский край	0,85-Лей	0,25	75,20	0,88	1,65	0,89	61,39	1,08
Иркутская область	0,84-Лей	0,24	76,07	0,89	1,51	0,87	60,03	1,06
Кемеровская область – Кузбасс	0,72-Лей	0,22	78,02	0,87	1,38	0,76	67,35	0,93
Красноярский край	0,77-Вал	0,23	76,96	0,90	1,56	0,80	0,00	0,98
Новосибирская область	0,78-Лей	0,23	77,41	0,89	1,39	0,82	60,09	0,99
Омская область	0,83-Лей	0,25	75,19	0,89	1,51	0,87	62,40	1,06
Томская область	0,77-Лей	0,23	77,29	0,89	1,50	0,80	61,56	0,98
Республика Тыва	0,85-Лей	0,24	76,17	0,90	1,50	0,89	59,18	1,07
Республика Хакасия	0,84-Лей	0,24	76,23	0,89	1,45	0,87	60,24	1,06
В среднем по округу	0,88-Лей	0,25	74,86	0,84	1,67	0,92	60,42	1,11
В среднем по России	0,84-Лей	0,24	75,78	0,89	1,48	0,88	60,60	1,07

В таблице 57 отражены значения следующих показателей: МИН – минимальное значение лимитирующей НАК; КРАС – коэффициент различий аминокислотного сора, который устанавливает разбалансированность аминокислотного состава относительно эталонного белка и показывает избыточное количество НАК, не используемых на пластические нужды; БЦ – биологическая ценность пищевого белка, которая определяет долю белка, которая может быть усвоена организмом и направлена на пластические цели. Обобщающий коэффициент утилитарности аминокислотного состава U имеет практическое значение и численно характеризует степень сбалансированности НАК по отношению к эталону. Уровень этих отклонений определяется на основе коэффициента отклонений значений аминокислотного состава от эталонных (КОАС). Коэффициент рациональности аминокислотного состава R_c численно характеризует сбалансированность НАК по отношению к эталонному белку. σ_c – это показатель сопоставимой избыточности НАК, или содержание НАК, характеризующее суммарную массу НАК, не используемых на ана-

болические цели, в таком количестве оцениваемого продукта, которое эквивалентно по их потенциально утилизируемому содержанию 1 г белка-эталона. Методом определения биологической ценности белков является определение индекса незаменимых аминокислот (ИНАК), который представляет собой модернизацию метода химического скоря и позволяет учитывать количество всех незаменимых кислот.

Как видно из данных таблицы 57, практически для всех субъектов Сибирского федерального округа лимитирующей НАК является лейцин, только для Красноярского края – валин. Важно отметить, что аналогичный расчет и анализ аминокислотного состава только по завтраку показывал иную картину: в основном по субъектам РФ характерной лимитирующей НАК выступает лизин.

В отношении указанных трех аминокислот важно отметить следующее:

– лейцин – одна из НАК, имеющих очень большое значение для жизнедеятельности. В организме человека эта аминокислота на постоянной основе присутствует в поджелудочной железе, селезенке, печени, почках, в составе белков сыворотки крови и мышцах. Лейцин является мощным иммуностимулятором, он активизирует эндокринную систему. Дефицит лейцина в рационе приводит к задержке роста, нарушению физического развития. Суточная доза лейцина по нормам ВОЗ составляет 39 мг на 1 кг веса тела, при этом для человека опасен как дефицит, так и избыток лейцина. Его содержание в рационах школьников завтрак + обед в Сибирском федеральном округе колеблется в диапазоне 2600–3200 мг, что в абсолютном значении можно оценивать как однородное и достаточное в данной возрастной группе;

– валин, в свою очередь, способствует восстановлению мышц после физической нагрузки и легко теряется при переутомлении; он снабжает ткани дополнительной глюкозой, необходимой для выработки энергии. В сочетании с изолейцином и лейцином способствует нормальному росту, восстановлению тканей, регулирует уровень глюкозы в крови, а также обеспечивает организм энергией. Системная недостаточность валина приводит к гипертензии и нарушению координации движений (норма ВОЗ – 30 мг на 1 кг веса тела). В рационе, покрывающем 50–60 % калорической потребности школьников в Сибирском федеральном округе, содержание валина укладывается в диапазон 1 700–2 100 мг, что достаточно для соответствия рекомендациям и отражает согласование по данному показателю;

– лизин является одной из трех главнейших аминокислот, необходимых организму для нормального функционирования всех органов и систем, поддержания нормального гормонального фона и выработки иммунных клеток. Его норматив согласно ВОЗ составляет 26 мг на 1 кг веса тела, а абсолютное содержание в рационе двух приемов пищи – 2000–2700 мг, что свидетельствует о значительном разбросе значений в разных субъектах округа.

В связи с вышесказанным необходима корректировка рационов, позволяющая решить ситуацию со сбалансированностью указанных НАК, поступающих с питанием в организм учащихся, поскольку даже увеличенное содержание белков в рационе становится нецелесообразным, если значения биологической ценности анализируемых рационов в Сибирском федеральном округе не превышают 78 % (ввиду наличия лимитирующих аминокислот).

Еще одним важным показателем нутриентной адекватности рациона является жирнокислотная сбалансированность липидов, характеризующая адекватность их набора. В данном случае критериями оценки выступают: состав жиров, соотношение жирных кислот (насыщенных – НЖК и ненасыщенных – ННЖК) и рациональность жирнокислотного состава рациона завтрака, отражающая соотношение сумм насыщенных, мононенасыщенных (МНЖК) и полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) с учетом линолевой, линоленовой и арахидоновой кислот. Расчетные значения содержания отдельных жирных кислот в анализируемом рационе приведены в таблице 58.

Согласно МР 2.3.1.0253-21 [115] физиологическая потребность в ω -6 и ω -3 ПНЖК для детей составляет от 4–9 % (1 год) до 0,8–1,0 % (14 лет) от калорийности суточного рациона. В отношении суммы двух ПНЖК – докозагексаеновой (ДГК) и эйкозапентаеновой (ЭПК) – уровень потребления, адекватный потребностям детей 2–18 лет, принят равным 250 мг/сут. При этом рекомендовано, чтобы ЭПК составляла 1/3 от этой нормы, а остальная приходилась на ДГК. Оптимальное соотношение в суточном рационе ω -6 и ω -3 жирных кислот составляет 5–10:1. Физиологическая потребность в МНЖК для взрослых составляет 10 % от калорийности суточного рациона. В свою очередь, согласно рекомендациям ВОЗ, эталон жирнокислотного состава липидов предполагает следующее соотношение на 100 г жира: линолевая жирная кислота – 7,5 г, линоленовая – 1,0 г, арахидоновая – 1,5 г, сумма МНЖК – 60 г, сумма ПНЖК – 10 г. Расчеты содержания отдельных жирных кислот, их сумм и соотношений приведены в таблице 59.

Таблица 58 – Содержание жирных кислот в комплексе завтрак + обед в образовательных учреждениях Сибирского федерального округа

Субъект РФ	Содержание, г										
	Пальмито- леиновая	Олеиновая	Гадолеиновая	Эруковая	Линолевая	Линоленовая	Октадека- тетраеновая	Арахидоновая	Эйкоза- пентаеновая	Докоза- пентаеновая	Докоза- гексаеновая
Республика Алтай	1,06	10,32	0,02	0,00	7,00	0,17	0,00	0,05	0,03	0,00	0,05
Алтайский край	1,13	11,27	0,04	0,00	8,42	0,18	0,00	0,05	0,03	0,01	0,05
Иркутская область	0,94	9,50	0,02	0,00	7,02	0,15	0,00	0,05	0,02	0,01	0,03
Кемеровская область – Кузбасс	0,63	8,12	0,03	0,00	2,96	0,15	0,00	0,12	0,11	0,00	0,09
Красноярский край	0,70	6,37	0,01	0,00	4,41	0,09	0,00	0,04	0,04	0,00	0,04
Новосибирская область	0,91	9,76	0,03	0,00	7,93	0,12	0,00	0,06	0,02	0,01	0,03
Омская область	0,90	8,92	0,01	0,00	6,15	0,12	0,00	0,05	0,03	0,01	0,04
Томская область	1,03	9,96	0,04	0,00	6,58	0,12	0,00	0,05	0,14	0,00	0,11
Республика Тыва	0,96	9,20	0,02	0,00	6,43	0,14	0,00	0,04	0,05	0,00	0,06
Республика Хакасия	1,00	9,67	0,02	0,00	6,72	0,14	0,00	0,05	0,05	0,00	0,05
<i>В среднем по округу</i>	1,01	10,27	0,03	0,00	6,83	0,16	0,00	0,07	0,06	0,01	0,06
<i>В среднем по России</i>	0,90	9,40	0,02	0,00	7,21	0,14	0,00	0,05	0,02	0,01	0,03

На основе расчетов установлено, что вклад ω -6 ПНЖК в калорийность рациона завтрак + обед составляет от 1,8 % в Кемеровской области до 5,2 % в Новосибирской, вклад ω -3 ПНЖК – от 0,1 % в Новосибирской области до 0,3 % в Томской, что свидетельствует о невыполнении требований МР 2.3.1.0253-21 о качестве липидов [115]. Соотношение ω -6: ω -3 ПНЖК также далеко от сбалансированности и вместо 5–10-кратного превышения достигает 45-кратного в Новосибирской области.

Из таблицы 59 следует, что доля суммарного содержания МНЖК в рационе также недостаточна для обеспечения рекомендуемого объема покрытия калорийности, этот показатель выполнен максимально в Томской области (7,8 %) и минимально в Кемеровской (5 %). Суммарное содержание ПНЖК на 100 г липидов превышает эталон практически в 1,5 раза во всех субъектах Сибирского федерального округа, кроме Кузбасса. В то же время суммарное содержание МНЖК лишь на треть удовлетворяет рекомендуемую эталонную структуру во всех субъектах округа.

Таблица 59 – Показатели качества жирового компонента в завтраках и обедах в образовательных учреждениях Сибирского федерального округа

Субъект РФ	Содержание, г			Сумма ПНЖК, г	Сумма МНЖК, г	Доля МНЖК в общей калорийности, %	Содержание, г на 100 г жира					Выполнение норм ФАО/ВОЗ, %			ω-6:ω-3	Сумма ЭПК+ДКГ, мг/сут	Доля ЭПК в ЭПК + ДКГ, %
	ω-3	ω-6	ω-9				Сумма ПНЖК	Сумма МНЖК	Линолевая	Линоленовая	Арахидоновая	Линолевая	Линоленовая	Арахидоновая			
Справочно: Эталонное значение ФАО/ВОЗ и МР	–	–	–	–	–	10,00	10,00	60,00	7,50	1,00	1,50	–	–	–	5–10:1	250,00	33,00
Республика Алтай	0,26	7,05	10,32	7,31	11,39	6,89	15,10	23,52	14,47	0,34	0,10	192,87	34,13	6,61	27,34	87,38	37,87
Алтайский край	0,27	8,47	11,27	8,74	12,44	7,08	16,06	22,85	15,46	0,33	0,10	206,10	33,10	6,41	30,96	80,80	40,01
Иркутская область	0,22	7,07	9,50	7,29	10,46	6,53	15,58	22,35	15,00	0,33	0,12	199,96	32,82	7,69	32,38	52,62	35,79
Кемеровская область – Кузбасс	0,35	3,09	8,12	3,44	8,77	5,00	7,17	18,30	6,18	0,32	0,26	82,45	31,90	17,07	8,81	197,49	55,85
Красноярский край	0,17	4,46	6,37	4,63	7,08	5,46	13,60	20,81	12,97	0,28	0,13	172,92	27,92	8,51	26,16	75,38	50,07
Новосибирская область	0,18	7,99	9,76	8,16	10,70	6,91	16,63	21,81	16,16	0,25	0,11	215,46	25,02	7,59	45,53	44,00	36,40
Омская область	0,19	6,19	8,92	6,39	9,84	6,52	14,58	22,45	14,03	0,27	0,11	187,02	26,67	7,29	32,08	67,98	39,46
Томская область	0,37	6,63	9,96	7,00	11,03	7,76	14,65	23,07	13,77	0,26	0,10	183,59	25,51	6,76	17,71	252,43	56,14
Республика Тыва	0,25	6,47	9,20	6,72	10,17	6,68	15,70	23,77	15,02	0,33	0,10	200,20	33,15	6,57	25,71	106,88	47,58
Республика Хакасия	0,25	6,76	9,67	7,01	10,69	7,02	15,77	24,04	15,11	0,32	0,10	201,50	32,10	6,85	27,48	100,06	48,02
<i>В среднем по округу</i>	0,29	6,90	10,28	7,18	11,31	7,00	15,14	23,83	14,39	0,33	0,14	191,83	32,95	9,55	23,98	125,90	49,43
<i>В среднем по России</i>	0,21	7,27	9,40	7,48	10,32	6,63	16,70	23,06	16,12	0,32	0,12	214,92	32,05	8,16	35,01	54,48	41,44

Относительно отдельных жирных кислот следует отметить, что качество липидов значительно отличается от рекомендаций ФАО/ВОЗ: так, содержание линолевой кислоты превышено в среднем вдвое, линоленовая кислота составляет треть от рекомендованного значения, а арахидоновая – от 6 % до 17 %. По содержанию ЭПК + ДКГ рацион двух приемов пищи покрывает суточные рекомендации в Томской области и близок к выполнению этого качественного показателя рацион в Кемеровской области; для остальных субъектов РФ отмечено недостаточное содержание этих жирных кислот. Кроме того, ЭПК в их суммарном содержании вместо рекомендуемой трети представлена на 49,4 % по объединенным значениям Сибирского федерального округа, достигая от 36,4 % (почти нормального соотношения) в Новосибирской области до 56,1 % в Томской. В целом по компоненту липидов стоит отметить, что, помимо проведенной оценки, учитываются доли содержащихся НЖК, холестерина и транс-жиров.

Таким образом, использование традиционных методов гигиенической оценки рационов позволяет поэтапно выявить отклонения от нормативных значений по отдельным показателям за период. Также можно выделить формирующиеся проблемы нутриентных дефицитов, характерные для отдельных субъектов, муниципальных образований и даже школ или для России в целом, и сформулировать направления совершенствования рационов. Например, на основе вышеприведенных примеров целесообразно рекомендовать обогащение рационов завтраков школьников России витамином D, фосфором, фтором и лизином, что может быть реализовано различными способами: от использования отдельных культивируемых сырьевых компонентов, подвергнутых прижизненной фортификации, до инкапсулирования целевых ингредиентов в состав блюд. Кроме того, для повышения нутриентной плотности потребляемых блюд и рационов по этим позициям целесообразно рассмотреть вопрос перекомбинирования рецептур, опираясь на инструменты нутриентного профилирования.

Приведенные примеры отражают многоплановость используемых гигиенических оценок, при этом чем больше единичных расчетов и сравнений с нормативами будет произведено, тем более разнородная информация будет получена в итоге по одному и тому же субъекту и тем сложнее становится их итоговое сопоставление. Использование интегральной оценки путем расчета ИПОКР (см. главу 3) дает возможность ранжирования сравниваемых объектов, а использование графического отображения в виде «радара» качества рациона позволяет оценивать преимущества или отставание по отдельным направ-

лениям и при необходимости определять причину выявленных недостатков путем декомпозиции суммарной индексной оценки до уровня первичных единичных показателей.

Массив данных по рационам «завтрак + обед» в анализируемых субъектах РФ позволил сформировать следующие «радары» качества рациона для Новосибирской и Омской областей, отражающие их положение в Сибирском федеральном округе (рисунок 85), а также сравнить их положение со средней ситуацией в округе и в России (рисунок 86).

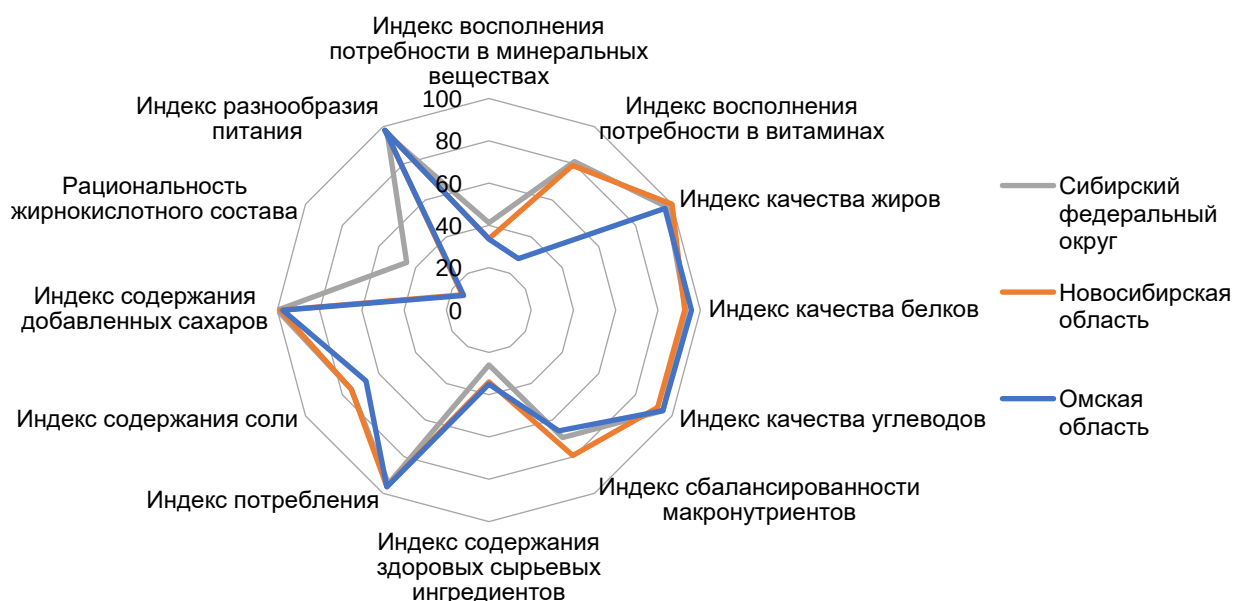


Рисунок 85 – «Радар» качества рациона Новосибирской и Омской областей в сравнении с Сибирским федеральным округом

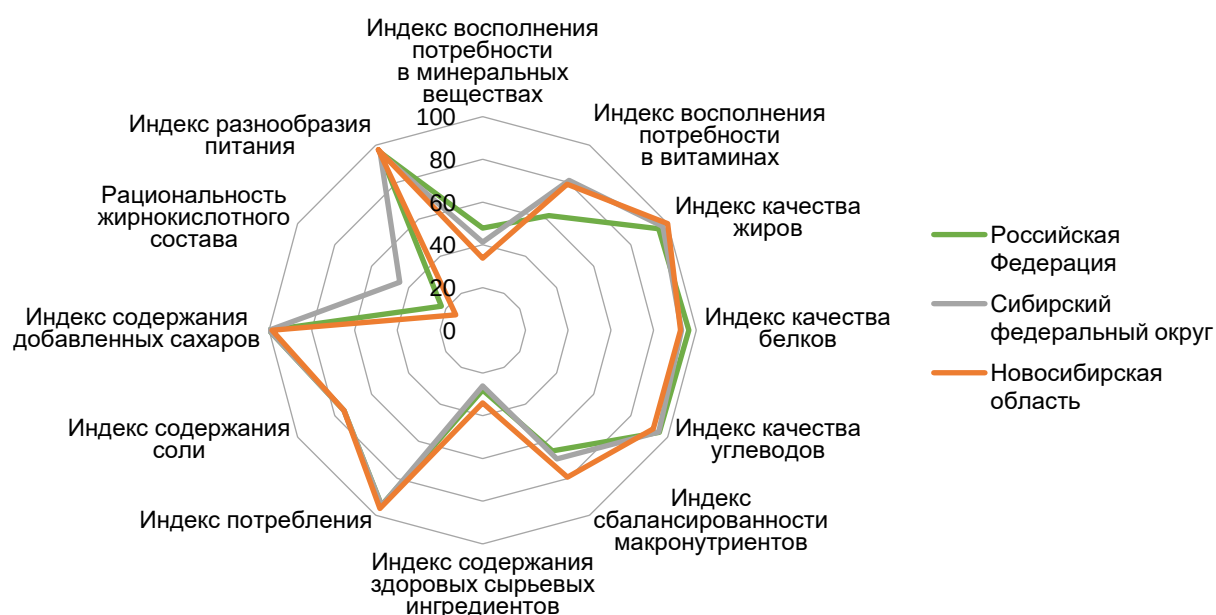


Рисунок 86 – «Радар» качества рациона Новосибирской области по сравнению с Сибирским федеральным округом и Российской Федерацией

В отношении результирующих значений ИПОКР (рисунок 87) можно отметить, что максимальное его значение у Сибирского федерального округа, Новосибирская область значительно опережает по качеству питания Омскую и ниже средних значений по России. В то же время во всех проанализированных субъектах ИПОКР свидетельствует о достаточно хорошем качестве рационов и согласованном характере выявляемых проблем. В перспективе усилия при коррекции рационов в первую очередь необходимы в отношении сбалансированности минерального и витаминного состава, изменения качества жирнокислотного состава и увеличения в рационах доли «здоровых» ингредиентов.

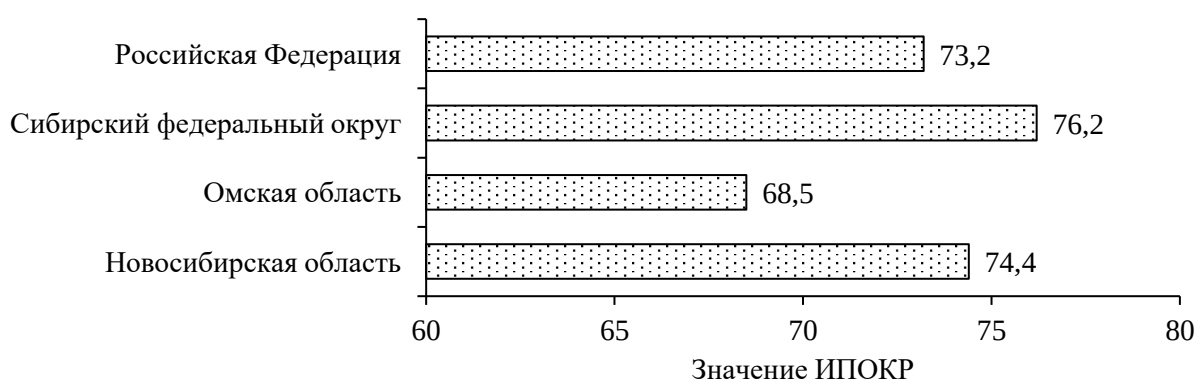


Рисунок 87 – Итоговые значения ИПОКР для Новосибирской и Омской областей, Сибирского федерального округа и Российской Федерации

Как видно из приведенных данных, ИПОКР предоставляет возможности быстрого и наглядного сравнения на основе обобщающей интегральной оценки положения отдельных субъектов и округов, а также дает основания для определения очередности управляющих воздействий и выявления проблем в школьном питании [187; 193]. Еще одним направлением использования ИПОКР является коррекция и совершенствование рационов за счет возможности подбора замен для позиций меню на основе МНП и оперативного отражения итоговых результатов в виде значений и графиков ИПОКР. В следующем параграфе рассмотрены частные случаи, демонстрирующие применение МНП и ИПОКР с опорой на введение разработанных блюд в целях повышения нутриентной плотности рационов.

7.2 Апробация модели нутриентного профилирования и интегрального показателя оценки качества рациона при коррекции рационов для целевой группы потребителей

7.2.1 Программа питания с повышенной общей калорийностью и нутриентной плотностью (кадетский корпус)

При проектировании, корректировке и оценке рационов в соответствии с требованиями для целевых групп, как указывалось выше, опираются на нормативные документы. Применительно к школьным образовательным учреждениям основные требования к количествам нутриентов, необходимым для покрытия физиологических потребностей в пищевых веществах, закреплены в двух основных документах: СанПиН 2.3/2.4.3590-20 и МР 2.3.1.0253-21 [115]. Важно, что в санитарных правилах указывается два вида суточных нормативов: общие потребности в пищевых веществах по возрастам и натуральные нормы по 30 продуктовым группам; кроме того, оговорен минимальный выход выдаваемых блюд. В методических рекомендациях по нормам физиологических потребностей указаны несколько иные возрастные группы и также приведены количественные оценки.

Одной из серьезных проблем при практической организации питания младших школьников является ситуация, когда для выполнения калорического норматива рацион обеда превышает 1 кг, а в 1–2-м классе встречаются дети весом до 20 кг, которые физически не способны справиться с таким объемом пищи, что приводит к высокому значению «несъедемости» рациона [183]. При пересчете рекомендуемого СанПиН набора пищевых продуктов по содержащимся в них пищевым веществам [252] мы также получаем несогласование информации.

Выявленные расхождения и противоречия в требованиях, рассчитанных по нормативным документам, с переводом натуральных продуктовых норм в значения пищевой ценности представлены в таблицах 60 и 61.

Таблица 60 – Сравнительная оценка нормативов потребности в физиологических веществах по СанПиН и МР для детей 7–11 лет

Показатель		СанПиН 2.3/2.4.3590-20	МР 2.3.1.0253-21	Отклонение	
				±	%
Энергия, ккал		2350	2100	250	10,64
Белок, г		77	63	14	18,18
Жиры, г		79	70	9	11,39
Углеводы, г		335	305	30	8,96
Витамин С, мг		60	60	–	–
Витамин В ₁ , мг		1,2	1,1	0,1	8,33
Витамин В ₂ , мг		1,4	1,2	0,2	14,29
Витамин А, мкг рет. экв.		700	700	–	–
Витамин D, мкг		10	15	5	33,33
Кальций, мг		1100	1100	–	–
Фосфор, мг		1100	800	300	27,27
Магний, мг		250	300	50	20,00
Калий, мг		1100	2000	900	45
Железо, мг		12	12	–	–
Йод, мкг		100	90	10	10
Селен, мкг		30	30	–	–
Фтор, мг	Мальчики	3	1,4	1,6	53,33
	Девочки		1,5	1,5	50,00

Таблица 61 – Сравнительная оценка нормативов потребности в физиологических веществах по СанПиН исходя из среднесуточного набора пищевой продукции для организации питания детей от 7 до 11 лет

Показатель	СанПиН	Продуктовая норма		Диапазон (3–17 лет) на 1000 ккал		Отклонение, %
		по СанПиН	на 1000 ккал	min	max	
Выход, г	2 400	2 022,2	--	–	–	–18,7
Соль, г	–	3	1,19	–	–	–
Сахар, г	–	30	11,94	–	–	–
Белки, г	77	107,3	42,69	30	33,1	29,0
Жиры, г	79	89,3	35,53	33,3	33,8	5,1
Углеводы, г	335	320,2	127,41	140,8	145	–10,5
Энергетическая ценность, ккал	2 350	2 513,2	1 000,00	–	–	6,9
Витамины						
В ₁ , мг	1,2	1,8	0,72	0,5	0,5	43,2

Продолжение таблицы 61

Показатель	СанПиН	Продуктовая норма		Диапазон (3–17 лет) на 1000 ккал		Отклонение, %
		по СанПиН	на 1000 ккал	min	max	
B ₂ , мг	1,4	2,5	0,99	0,6	0,6	65,8
A, мкг рет. экв.	700	210	83,56	277,8	330,9	–232,5
D, мкг	10	1,5	0,60	3,7	5,6	–519,9
C, мг	60	248,3	98,80	25,5	27,8	255,4
Минеральные вещества						
K, мг	1 100	330	131,31	333,3	468,1	–153,8
Ca, мг	1 100	1 061,4	422,33	441,2	500	–4,5
Mg, мг	250	445,6	177,30	106,4	111,1	59,6
P, мг	1 100	1 777,0	707,07	441,2	468,1	51,1
Fe, мг	12	23,7	9,43	5,1	6,6	42,9
I, мкг	100	260,9	103,81	36,8	55,6	86,7
Se, мкг	30	115,1	45,80	11,1	18,4	148,9
F, мкг	3 000	822,1	327,11	1 100,0	1 500,0	–236,3

На основании сопоставления значений, переведенных в показатели нутриентной плотности (содержание в 1000 ккал), были обоснованы следующие нормативы, используемые для оценки итоговых значений в рационах (таблица 62).

Таблица 62 – Результаты оценки нутриентной плотности рационов, обеспечивающих восполнение физиологических потребностей школьников 7–11 лет

Показатель	Диапазон		Показатель	Диапазон	
	min	max		min	max
Выход, г	804,63	1021,28	Белки, г	30,00	42,69
Соль, г	1,07	1,31	Жиры, г	33,3	35,53
Сахар, г	10,74	13,13	Углеводы, г	127,41	145
Витамины					
В ₁ , мг	0,5	0,72	D, мкг	3,7	5,6
В ₂ , мг	0,6	0,99			
A, мкг рэт. экв	277,8	330,9			
Минеральные вещества					
K, мг	333,3	468,1	Fe, мг	5,1	9,43
Ca, мг	441,2	500,0	I, мкг	36,8	103,81
Mg, мг	106,4	177,3	Se, мкг	11,1	45,80
P, мг	441,2	707,07	F, мкг	1100	1500

Продолжение таблицы 62

Показатель	Диапазон		Показатель	Диапазон	
	min	max		min	max
Аминокислоты, мг					
Валин	1379,54	1686,11	Аргинин	1377,98	1684,19
Изолейцин	1180,73	1443,11	Аспарагиновая кислота	2026,18	2476,44
Лейцин	1979,95	2419,94	Гистидин	800,86	978,83
Лизин	1742,97	2130,29	Глицин	1034,33	1264,19
Метионин	538,38	658,02	Глутаминовая кислота	4417,39	5399,03
Треонин	1054,58	1288,93	Пролин	1449,40	1771,49
Триптофан	332,15	405,96	Серин	1173,62	1434,43
Фенилаланин	1216,72	1487,10	Тирозин	887,68	1084,95
Аланин	1209,86	1478,72	Цистин	393,58	481,04
Жирные кислоты, г					
Арахидоновая	0,06	0,07	Олеиновая	6,00	7,33
Эйкозапентаеновая	0,10	0,12	Гадолеиновая	0,04	0,05
Докозапентаеновая	0,02	0,03	Линолевая	4,22	5,16
Докозагексаеновая	0,11	0,13	Линоленовая	0,09	0,11
Пальмитолеиновая	0,64	0,79			

При апробации инструментов ранжирования и оценки (МНП и ИПОКР) при коррекции рациона в качестве целевой группы выступали воспитанники кадетского корпуса, входным условием для данной программы питания было увеличение общей калорийности рациона при сохранении норм натуральной выдачи на 10 % в связи с высокими физическими нагрузками воспитанников и увеличение в рационе «здоровых» ингредиентов. Пример сформированного рациона приведен в приложении К.

Радары питания стандартного рациона для возрастной группы 7–11 лет и рациона, направленного на решение проблемы ожирения, приведены на рисунке 88.

Итоговое значение ИПОКР рациона после корректировки по общей калорийности и нутриентной плотности составило 82,3 пункта по сравнению с базовым значением 77,7. Анализ частных показателей демонстрирует, что, несмотря на увеличение калорийности рациона, содержание соли снижено на 8,3 %, добавленных сахаров – на 16 %.

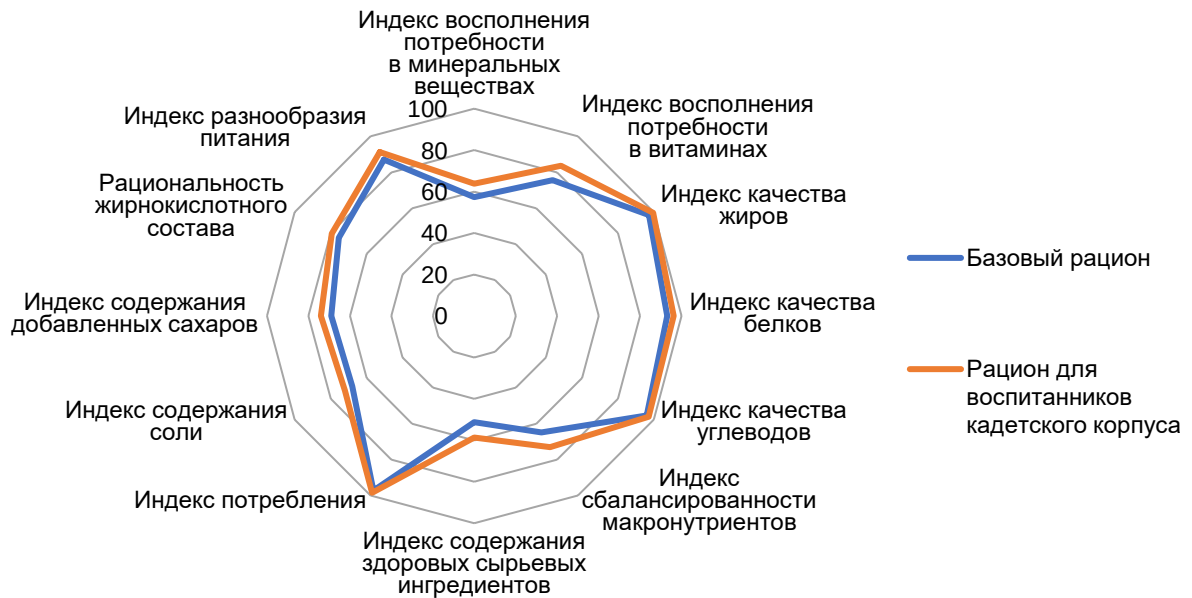


Рисунок 88 – ИПОКР базового рациона и сформированного рациона для воспитанников кадетского корпуса

За счет произведенных изменений в спроектированном рационе увеличено содержание витамина В₁ на 28,95 %, В₂ – 31,6 %, D – 75,7 %, С – 77,3 %, что позволило практически обеспечить выполнение норматива по последнему витамину. В отношении минеральных элементов значительно улучшено обеспечение магнием (плюс 47 %), фосфором (88 %), железом (59 %), йодом (68 %) и селеном (24 %).

На фоне общего увеличения белка в разработанном рационе также улучшился его аминокислотный состав, что увеличило значение БЦ с 68 до 79.

В спроектированном рационе увеличилось общее количество жиров, однако по сравнению с базовым рационом их состав стал более сбалансированным, содержание транс-жиров снизилось на 48 %.

Индекс разнообразия продуктов питания, включенных в рацион кадетов, расширен за счет увеличения количества наименований овощей и фруктов, включения новых круп и используемых масел, в том числе посредством включения разработанных блюд и соусов на основе гидролизатов бобового сырья. В совокупности спроектированный рацион включает в себя 98 единиц различных продуктов, что существенно превышает значение базового рациона – 69.

При анализе плотности «здоровых» ингредиентов можно отметить, что в проектируемом рационе бобовые в среднем составляют 12,4 г/ккал против 5,12 в базовом. Овощи также преобладают в скорректированном рационе, их количество в относительных вели-

чинах составляет 131,3 г/1000 ккал, в базовом рационе – 111,8. Также лидирует разработанный рацион по содержанию фруктов – 71,2 г/1000 ккал, в базовом – 38,9.

Таким образом, увеличение значения ИПОКР на 4,6 пункта в скорректированном рационе по сравнению с базовым сопровождается соответствующим ростом показателей качества белкового, жирового и углеводного компонентов, увеличением содержания контролируемых МНП витаминов (В₁ на 28,95 %, В₂ на 31,6 %, D на 75 %) и минеральных веществ (Mg на 47 %, P на 88 %, Fe на 59 %, I на 68 %, Se на 24 %).

7.2.2 Программа коррекции питания детей и подростков с избыточным весом и ожирением

Проблема детского и подросткового ожирения в настоящее время приобрела характер эпидемии, представляя серьезную угрозу общественному здоровью. Особую актуальность данная проблема имеет в контексте организованных детских коллективов, где формируются пищевые привычки и закладываются основы здорового образа жизни на всю последующую жизнь. Организация рационального питания детей и подростков с ожирением в образовательных учреждениях требует комплексного научно обоснованного подхода, учитывающего физиологические потребности растущего организма, современные принципы диетотерапии и психологические аспекты формирования пищевого поведения.

По динамике заболеваемости ожирением в разных возрастных группах (рисунок 89) можно отметить, что, несмотря на отсутствие восходящих трендов за 2019–2024 гг., отмечается достаточно высокая обращаемость за медицинской помощью [112]. Так, в группе до 14 лет за последние четыре года (2020 г. не показателен ввиду ограничений, связанных с COVID-19) обращаемость составляет около 410–450 чел. на 100 тыс. чел. населения, а в группе от 15 до 17 лет возрастает практически вдвое – 820–880 случаев, что говорит об остроте этой проблемы и высокой востребованности стратегий и рекомендаций по преодолению ожирения именно среди подростков.

Достаточно явная динамика в последние годы (с 207 случаев в 2021 г. до 335 в 2024 г.) указывает на наличие предпосылок к такому тренду среди взрослого населения, что выражается как в системном переедании, так и в выборе пищи, способствующей из-

быточному весу. Поэтому особую важность приобретает создание продовольственной среды, способствующей формированию у детей и подростков пищевых стереотипов, направленных на умеренное потребление жиров и простых углеводов.

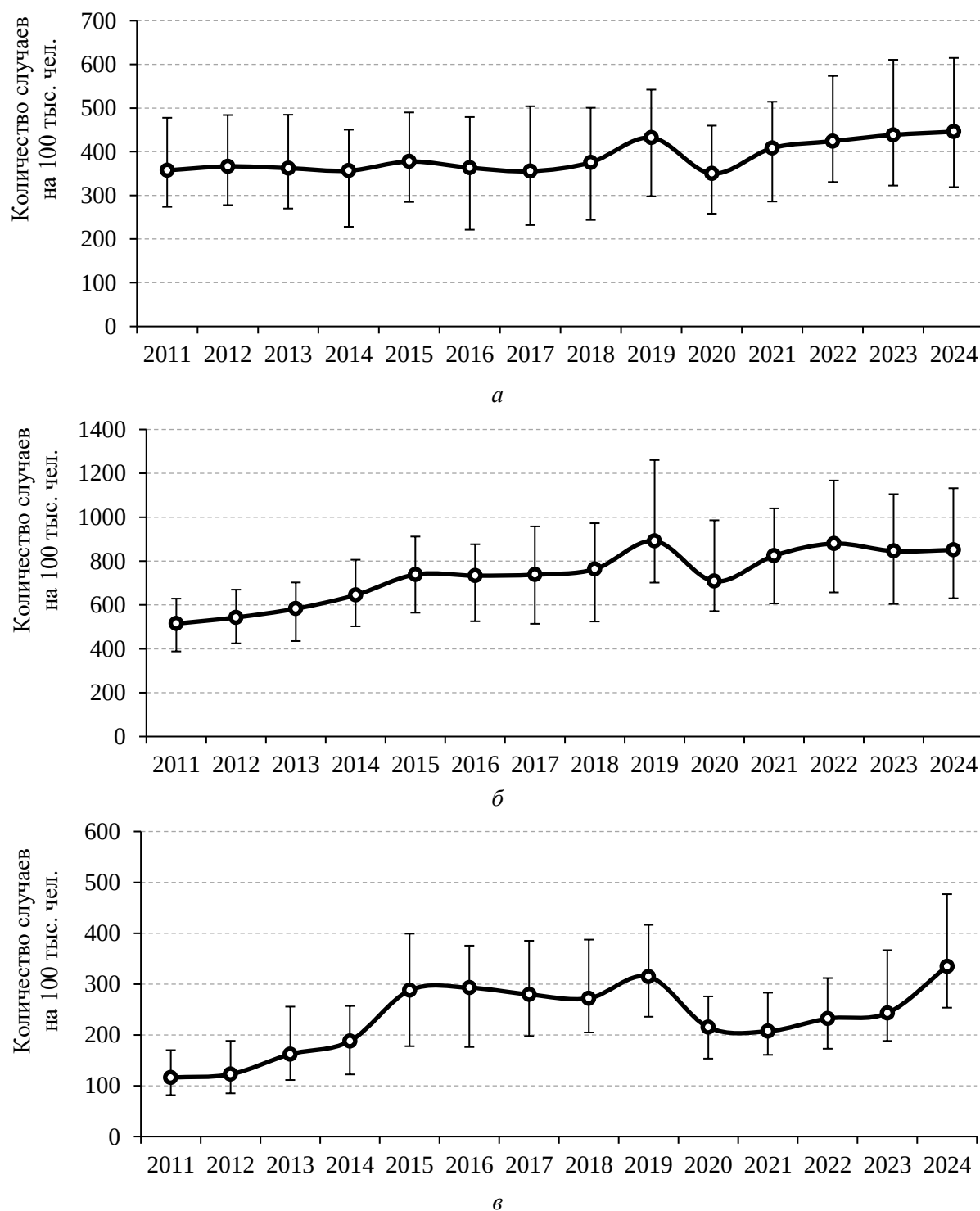


Рисунок 89 – Динамика первичной заболеваемости ожирением в возрастных группах 0–14 лет (а), 15–17 лет (б), 18 лет и старше (в) по обращаемости за медицинской помощью в 2012–2024 гг.

В ситуации, когда у ребенка уже сформирован избыточный вес или ожирение, особую значимость приобретает корректировка рациона в сторону повышения нутриентной плотности, что обеспечит снижение общей калорийности рациона при сохранении норм натуральной выдачи (в случае программы пищевой коррекции при ожирении рацион от рекомендуемого эталонного значения должен составлять до минус 15 % от калорийности при увеличении доли белка и снижении доли жиров).

Разработка меню, которое соответствует высоким значениям нутриентной плотности, предполагает акцент на использовании продуктов, богатых витаминами и минералами, но низкокалорийных. Это может быть достигнуто через увеличение доли овощей, фруктов, цельнозерновых, нежирных молочных продуктов и источников нежирного белка. Разумный подход подразумевает также уменьшение порций высококалорийных продуктов или компонентов рациона.

Общей рекомендацией в отношении рациона является снижение калорийности за счет жиров (уменьшение их содержания на 15 %) и белков (увеличение на 10 %), что позволит исключить проблемы, возникающие из-за сокращения возможностей формирования достаточной мышечной массы для растущего организма. Важно, чтобы потребность в витаминах и минеральных веществах в этом случае выполнялась за счет отбора блюд с высокой нутриентной плотностью на основе МНП. Анализ клинических рекомендаций, научной литературы и опыта применения инструментов ранжирования позволил определить целевые значения, в соответствии с которыми формировался рацион для программы пищевой коррекции [113] (таблица 63).

Таблица 63 – Рекомендуемое соотношение нутриентов в рационе школьников при ожирении

Возраст, лет	Нутриент, г/сут			Энергетическая ценность, ккал/сут	Прием пищи					
	Белки	Жиры	Углеводы		Завтрак		Обед		Полдник	
					ЭЦ, ккал	Выход, г	ЭЦ, ккал	Выход, г	ЭЦ, ккал	Выход, г
7–11	85	60	300–330	2100–2200	350–380	500–550	500–550	700–800	280–300	400–450
12+	100	75	350–380	2450–2550	400–450	550–600	600–700	800–900	350–380	450–500

Для достижения чувства насыщения объем овощных закусок, фруктов целиком, фруктовых салатов, муссов и желе на основе фруктов был увеличен до 100–150 г, в то же время в каждый из приемов пищи должен включался низкокалорийный напиток доста-

точного объема (200 мл). Из рациона были исключены кисели и напитки с добавленным сахаром. Кроме того, в рецептуры некоторых блюд были внесены корректировки с целью снижения закладываемых значений по сахару и соли с соблюдением вкусовых качеств блюд.

В ходе комплекса мероприятий по пищевой коррекции также были вынесены рекомендации: исключить закладку сахара в горячие напитки в школьном пищеблоке и организовать выдачу «по требованию», чтобы дети и подростки, избегающие добавленных сахаров в пищу, имели возможность потреблять чай, морсы и прочие напитки в образовательной организации (поскольку отмечены случаи массового отказа от употребления таких напитков). Отпуск и порционирование сахара осуществляется через дозаторы, размещенные в зоне доступа питающихся; альтернативный вариант – выдача сахара в кусковой форме (сахар-рафинад), что позволяет школьникам наглядно контролировать объем потребляемых добавленных сахаров.

Для заправки салатов вместо растительного масла были использованы разработанные дрессинги с содержанием масла до 15 %, поскольку «стандартная» заправка растительным маслом добавляет салату выходом 100 г около 100 дополнительных калорий. Кроме того, были изменены существующие рецептуры супов, где в зависимости от конкретных раскладок объем используемого для пассерования овощей масла снижен на 20–40 %. В рационах принимались молочные продукты с низким содержанием жира – мягкие сыры, творог, кисломолочные напитки и йогурты.

В отношении группы гарниров нутриентная плотность была увеличена за счет введения при их приготовлении разных овощей, в том числе свежемороженых (зеленая фасоль, цветная капуста, брюссельская, брокколи, морковь, зеленый горошек мини-кукуруза и пр.). Овощи также использовались в качестве самостоятельных гарниров (например, фасоль по-монастырски) и в составе крупяных блюд (например, рис по-гавайски).

При включении в рацион макаронных изделий наряду с традиционными (из белой пшеничной муки) использованы альтернативные варианты (например, спагетти из муки красной чечевицы, кукурузно-рисовой муки, батата, зеленых бобов, гречневая лапша удон).

В отношении вторых блюд предпочтение на основе сравнения рангов МНП получали мясо-овощные блюда с низким содержанием жира; в рацион включены разработанные мясо-овощные суфле и вареники с ИГБ.

Пример сформированного рациона приведен в приложении Л.

Радары питания стандартного рациона для возрастной группы 7–11 лет и рациона, направленного на решение проблемы ожирения, приведены на рисунке 90.

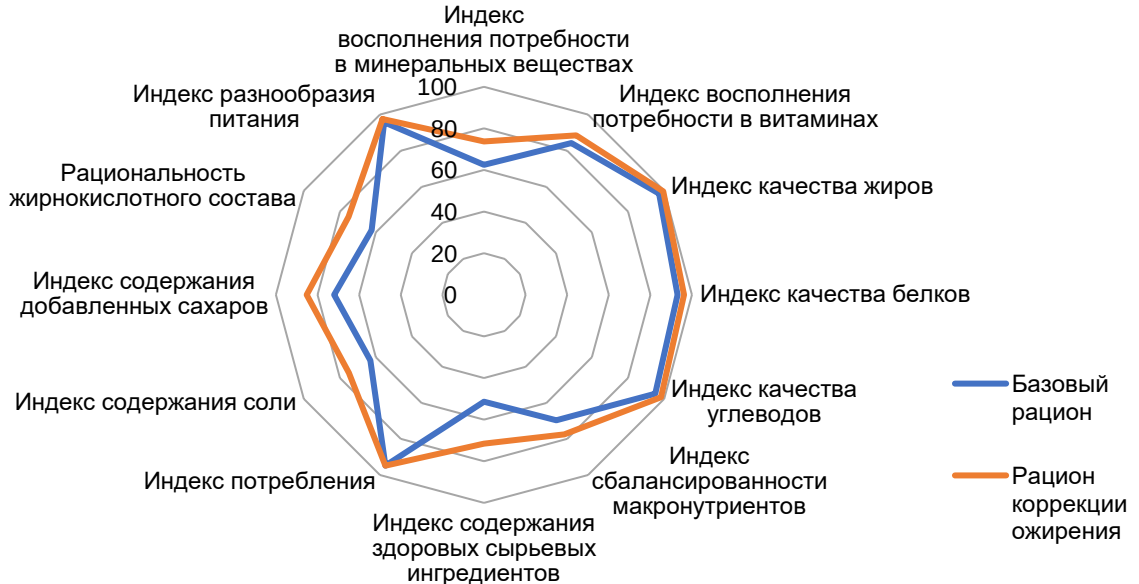


Рисунок 90 – ИПОКР базового рациона и рациона для коррекции ожирения

Итоговое значение ИПОКР у скорректированного рациона составило 85,6 пункта по сравнению с базовым значением 78,4, что подтверждается и на основе анализа частных показателей. Так, содержание соли в спроектированном рационе ниже на 19,45 %, а добавленных сахаров – на 35 %. Витаминный профиль характеризуется следующими показателями: витамин В₁ (+11,5 %), витамин А (+19,95 %), витамин D (+175,7 %), витамин С (+77,6 %).

На фоне общего увеличения белка в разработанном рационе также улучшен его аминокислотный состав, что увеличило значение БЦ с 68 до 79.

Среди жирных кислот на фоне снижения общего количества жиров также отмечается снижение пальмитолеиновой (–13,7 %), олеиновой (–19,05 %), гадолеиновой (–10,05 %) жирных кислот. По сравнению с базовым рационом увеличилось содержание линоленовой (+11,97 %), арахидоновой (+39,95 %), эйкозапентаеновой (+9,96 %), докозагексаеновой (+14,95 %) жирных кислот.

Индекс разнообразия продуктов питания, включенных в рацион программы коррекции, удалось значительно расширить за счет включения большего количества наименований альтернативных макаронных изделий, круп, бобовых, овощей, фруктов. Катего-

рия бобовых дополнена за счет использования гидролизата красной и зеленой чечевицы, а также ИГБ и его гидролизата. В совокупности спроектированный рацион включает в себя 112 единиц различных продуктов, что существенно превышает показатели базового рациона – 77.

При анализе плотности в рационе здоровых ингредиентов можно отметить, что в проектируемом рационе бобовые в среднем составляют 18,3 г/ккал (в базовом – 5,77 г/1000 ккал). Овощи также преобладают в скорректированном рационе, их количество в относительных величинах составляет 160,35 г/1000 ккал (в базовом рационе – 129,42 г/1000 ккал). Разработанный рацион также лидирует по содержанию фруктов – 63,62 г/1000 ккал (в базовом – 44,17 г/1000 ккал).

Таким образом, увеличение ИПОКР на 7,2 пункта в скорректированном рационе по сравнению с базовым сопровождается соответствующим ростом показателей качества белковой, жировой и углеводной компонентов и увеличением содержания в рационе контролируемых МНП витаминов (D на 175,7 %, B₁ на 11,5 %) и минеральных веществ (Mg на 63 %, P на 23 %, Fe на 56 %).

7.3 Перспективы дальнейшего использования инструментов ранжирования и оценки в управлении национальными программами устойчивого здорового питания и пищевой коррекции

Программы питания и пищевой коррекции, реализуемые в образовательных учреждениях, рассматриваются как механизм выравнивания социально-экономического положения детей и подростков и обеспечения гарантий доступа к здоровым устойчивым рационам, что включает доступ к продовольствию в физиологически необходимых количествах в комфортных условиях потребления с учетом национальных и социально-культурных особенностей, гарантированный доступ.

К основным принципам функционирования и развития программ питания и пищевой коррекции, реализуемых в социальном, в том числе школьном, питании, относятся:

- прослеживаемость сырьевого источника;
- физическая доступность здорового устойчивого питания;

- экономическая доступность здорового устойчивого питания;
- физиологическая адекватность и эффективность рационов;
- комфортность условий приема пищи;
- использование инклюзивных технологии предоставления услуг питания;
- адекватность предоставляемых услуг питания существующим национальным и социально-культурным особенностям;
- возможность персонализации рационов и услуг питания;
- прозрачность ценообразования;
- устойчивость и эффективность.

Цифровые технологии [194], инструменты нутриентного профилирования, когнитивное моделирование эволюционные и нейросетевые модели значительно трансформировали вопросы эффективного управления программами питания и пищевой коррекции [178]. Так, когнитивное моделирование [172] дополняет инструменты ранжирования и оценки, вводя в СППУР понимание человеческого поведения и принятия решений. Оно позволяет:

- моделировать поведение потребителей, создавая модели, выбора индивидуумами продуктов питания, следования диетическим рекомендациям или реагирования на маркетинговые стимулы;
- прогнозировать реакции на политику в области питания, путем оценки вероятности принятия новых пищевых рекомендаций, подходов к формированию рационов или изменений в ценовой политике, с учетом когнитивных искажений, социокультурных норм и экономического статуса;
- работать с неточными и неопределенными данными, что часто встречается в области человеческого поведения и предпочтений в питании, например с помощью фаззи-логических систем, имитирующих качественные рассуждения экспертов и потребителей;
- моделировать причинно-следственные связи между различными факторами, влияющими на пищевое поведение и здоровье, учитывая неопределенность и статистическую вероятность на основе байесовских сетей.

Когнитивное моделирование обеспечивает формирование структурных и причинно-следственных моделей функционирования продовольственной системы. С помощью когнитивных карт возможно смоделировать взаимосвязи между уровнями потребления нутриентов, индексами здоровья населения, экономическими затратами и социально-экологи-

ческими последствиями. Такой подход позволяет прогнозировать системные реакции на изменения, оценивать устойчивость программ и выявлять критические точки, т. е. теоретически обосновывать решения и моделировать поведенческие паттерны.

Нейросетевые модели, особенно глубокие и трансформеры, часто вызывают проблемы с интерпретацией и объяснимостью, поэтому в СППУР применяются при прогнозировании спроса, показателей здоровья населения, при анализе сложных взаимосвязей в цепочках рыночных поставок. Нейросети преимущественно используются для точного прогнозирования на больших данных и для возможности персонализации. В перспективе при разработке и управлении программами питания и пищевой коррекции целесообразно использования различных видов нейронных сетей в зависимости от задач. Так, сверточные нейронные сети (CNN) наиболее часто применяются для распознавания продуктов по изображениям; анализа текстуры и внешнего вида пищи, оценки размеров порций и контроля качества продуктов. В свою очередь, рекуррентные нейронные сети (RNN/LSTM) используются для анализа временных рядов пищевого поведения; моделирования метаболических процессов, прогнозирования динамики веса и адаптации рекомендаций. Генеративно-сопоставительные сети (GAN) подтвердили свою эффективность при создании новых рецептов, оптимизации состава продуктов, моделировании вкусовых предпочтений и проектировании дизайна функциональной и специализированной пищевой продукции.

Эволюционные модели наиболее применимы в задачах поиска оптимальных политик финансирования, распределения ресурсов, адаптации к климатическим и экономическим изменениям; генерации сценариев и устойчивых стратегий.

Следует отметить, что наилучший баланс обеспечивают гибридные решения, объединяющие разные подходы и преимущества использования различных инструментов. Однако ни один из перечисленных подходов не будет реализован без достаточного качественного информационного обеспечения, включающего:

- данные о демографии и экономике регионов, особенно в части данных о положении детей и семей, имеющих детей и подростков,
- конкретные показатели жизни бенефициаров, в том числе состояние здоровья и вероятность дебюта алиментарно-зависимых заболеваний,
- данные о состоянии физической и экономической доступности пищевых ресурсов в рамках рассматриваемых территорий;

– данные о состоянии материально-технической базы пищеблоков, имеющейся инфраструктуры; транспортно-логистический контекст и пр.

Поскольку спектр ситуаций, требующих управляющего воздействия, очень широк, то и набор программ питания и пищевой коррекции, направленных на их решение, также достаточно разнообразен и связан с обоснованием выбора наиболее эффективных моделей питания. Модель питания в этом случае рассматривается как результат комбинации реализуемых моделей организации производства, модели реализации и организации потребления и варианта рациона. При обосновании модели питания в каждом конкретном случае рассматриваются следующие определяющие факторы:

- реальная обеспеченность бюджетными денежными средствами;
- физиологические потребности и социально-культурные потребности;
- состояние здоровья питающихся и выраженность проблем и рисков для здоровья, обусловленных алиментарным фактором, характерных для целевого контингента;
- обеспеченность материально-технической базой и инфраструктурой;
- состояние и доступность сырьевых ресурсов, степень переработки, наличие альтернативы поставок (уровень конкуренции поставщиков и широта доступного сырьевого и продуктового ассортимента);
- состояние кадровых ресурсов школьных пищеблоков;
- наличие и рейтинг комбинатов питания и пищевых производств, специализирующихся на оказании аутсорсинговых услуг по питанию;
- готовность принять на себя обязательства и ответственность со стороны образовательных учреждений, аутсорсеров, родителей и общественности.

Обеспечение эффективности принимаемых управленческих решений в программах питания и пищевой коррекции достигается на основе использования СППУР, опирающейся на использование потенциала когнитивного моделирования, нейросетевых и эволюционных моделей и системы мониторинга и оценки, агрегирующей данные по следующим направлениям:

- эффективность взаимодействия с поставщиками пищевой продукции и операторами/аутсорсерами услуг питания, в том числе учитывая приоритетность использования отечественного пищевого ресурса и качество предоставляемых рационов и услуг (ИПОКР);

– использование в качестве аргументов при выборе организаторов питания или поставщиков пищевой продукции инструментов оценки и ранжирования, включая МНП при заключении тендеров на поставку сырья и продукции в системы дополнительного питания и ИПОКР как обобщающего показателя качества оказываемой при аутсорсинге услуги питания;

– использование инструментов оценки и ранжирования при выявлении первоочередных объектов для реализации управляющих воздействий, при определении приоритетности выделения ресурсного обеспечения и обосновании видов и объемов необходимых ресурсов;

– создание инфраструктурной и материально-технической основы для реализации программ питания и пищевой коррекции на современном технологическом и организационном уровне, соответствующем передовым международным практикам и инновациям;

– создание системы подготовки и повышения квалификации кадров, задействованных в программах питания и пищевой коррекции;

– развитие системы пропаганды и формирования культуры здорового устойчивого питания в обществе.

В рамках дальнейших вариантов расширенного использования потенциала разработанных цифровых инструментов ранжирования и оценки при принятии решений в области формирования и управления национальными программами питания и пищевой коррекции предлагается:

1. Создание аналитической базы данных для ранжирования объектов социального питания по степени физической и экономической доступности к продовольствию в физиологически необходимых количествах с учетом наличия транспортной инфраструктуры (высокогорные, труднодоступные районы и пр.), логистических особенностей (сезонное хранение, долгосрочный завоз и пр.), природно-климатических особенностей (арктические территории, субтропические территории и пр.), особых и специфических ситуаций (малокомплектные объекты, особенности здоровья целевых групп и пр.).

2. Создание аналитической базы данных для ранжирования территориальных объектов по степени наличия хронической и неинфекционной заболеваемости целевого контингента и выраженности рисков дебюта НИЗ в различных возрастных, социальных и профессиональных группах.

3. На основе обработки информации из указанных баз данных с помощью цифровых инструментов оценки и ранжирования выделяются типовые целевые группы по наличию и глубине выявленных проблем. Ранжирование объектов (школ, садов, больниц и других объектов социального питания) также осуществляется по фактически реализуемой и потенциально возможной к применению модели питания. Для каждой из групп разрабатываются рекомендации. В случаях, когда ситуация носит уникальный или чрезвычайный характер, не вписывающийся в коммерческие схемы аутсорсеров, требующий участия государственных органов, для ее решения могут быть привлечены механизмы грантовой поддержки или целевой субсидии.

4. Обоснование таргетинга программ питания и пищевой коррекции или нескольких программ, реализуемых параллельно; определение масштаба и совокупного количества бенефициаров (национальная, региональная или муниципальная программа). В основу таргетинга могут быть заложены разные подходы: географический, по социально-экономическим показателям, возрастной, индивидуальный и пр. При обосновании механизма и инструментов определения целевых групп и размеров оказываемой поддержки используются как нейросетевые и эволюционные модели, так и когнитивное моделирование.

5. На основе кластерного анализа осуществляется моделирование типовых ситуаций и вариантов решения задач программ питания с соответствующей их оцифровкой в виде технико-экономического и финансового обоснования. Например, технико-экономическое обоснование инвестиций для реализации муниципальной программы питания по модели «полного цикла» с соответствующим инвестированием в реконструкцию и обновление материально-технической базы пищеблоков; технико-экономическое обоснование передачи услуг питания на аутсорсинг при наличии конкурса среди операторов питания с указанием нормы доходности по оказываемым услугам и обеспечения выдачи рационов не ниже определенного значения эффективности и нутриентной плотности рациона (ИПОКР на 1 р.).

Отдельная стратегическая роль разработанных инструментов ранжирования и оценки может быть реализована в отношении экспертной поддержки логистических решений, приводящих к снижению стоимости сырьевого набора (с улучшением качественных характеристик сырья) и сокращению объемов издержек по организации производства и потребления. Целевым индикатором в этом случае может стать повышение эффективности использования бюджетных средств с их абсолютным или относительным высво-

бождением (с направлением на обновление, например, материально-технической базы продовольственной среды).

Отдельно, как перспективное направление при решении вопросов прозрачности и контроля сырьевых источников, может рассматриваться вариант ограничения использования субсидий на питание (блюда, изделия) при реализации свободного выбора питающимися. Например, субсидирование будет распространяться только на пищевую продукцию, в которой доля сырья местного сельхозпроизводства не ниже 70 % от стоимости сырьевого набора или значение ранга МНП не ниже определенного установленного уровня. В то же время с целью формирования у целевой аудитории паттернов здорового пищевого поведения и обозначения приоритетов использования бюджетных средств следует исключить субсидирование позиции с высоким содержанием добавленных сахаров или соли.

Цифровая трансформация и интеграция инструментов ранжирования и оценки, когнитивного моделирования [178], эволюционных и нейросетевых моделей в СППУР национальных программ питания и пищевой коррекции способствует переходу от фрагментарного анализа к системному, динамическому управлению пищевыми системами и рационами, процессами в продовольственной среде и продовольственной системе в целом. В результате государственные органы получают возможность осуществлять адаптивное планирование, оперативно корректировать меры политики и обеспечивать долгосрочную устойчивость программ здорового питания.

Выводы по седьмой главе

Национальные программы устойчивого здорового питания и пищевой коррекции сталкиваются со сложными вызовами, требующими принятия обоснованных решений на основе многомерных данных и с учетом множества заинтересованных сторон. Значительно облегчить принимаемые решения при разработке рационов программ питания и пищевой коррекции, при непосредственном выборе блюд и продуктовых позиций, при обосновании альтернативных вариантов организации поставок и для обоснования эффективности расходования бюджетных средств, направляемых на организацию питания це-

левых контингентов способны разработанные инструменты ранжирования и оценки: МНП и ИПОКР. Апробация указанных инструментов позволила при разработке программы питания для кадетского училища увеличить содержания в рационе контролируемых витаминов (B_1 на 28,95 %, B_2 на 31,6 %, D на 75 %) и минеральных веществ (Mg на 47 %, P на 88 %, Fe на 59%, I на 68 %, Se на 24 %), что отразилось в росте итогового значения для скорректированного рациона ИПОКР на 4,6 пункта.

При формировании рационов для программы пищевой коррекции при ожирении использование инструментов нутриентного профилирования и интегральной оценки рациона и включение в рацион блюд с большим значением рангов МНП по сравнению с контрольными образцами или альтернативными позициями позволило увеличить значение ИПОКР на 7,2 пункта в скорректированном рационе по сравнению с базовым, что сопровождается соответствующим ростом показателей качества белковой, жировой и углеводной компонентов и увеличением содержания в рационе контролируемых витаминов (D на 175,7 %, B_1 на 11,5 %) и минеральных веществ (Mg на 63 %, P на 23 %, Fe на 56 %).

Результаты использования этих цифровых инструментов демонстрируют их практическую применимость и возможности оценки влияния различных компонентов меню на показатели здоровья и когнитивного развития детей, что дает возможность структурировать приоритеты финансирования и корректировать нормативы содержания нутриентов в школьных рациональных меню.

Таким образом, использование инструментов ранжирования и оценки (МНП, ИПОКР) в СППУР позволяет не только систематизировать и анализировать большие объемы информации, но и учитывать поведенческие, социальные и экономические факторы, что критически важно для разработки эффективных, адаптивных и устойчивых стратегий в области питания. Внедрение в системную практику разработанных инструментов нутриентного профилирования пищевых систем и рационов позволит сформировать научную основу для принятия решений по повышению эффективности национальных стратегий здорового устойчивого питания, их социальной справедливости и экологической результативности.

Заключение

На основании выполненных исследований предложены для внедрения в практику научные подходы в области формирования пищевых систем и рационов на основе концепции нутриентной плотности, в частности технологические приемы создания новых пищевых систем с использованием в качестве сырьевого ингредиента БСППБС. На базе полученных новых данных сделаны следующие выводы.

1. Разработан и верифицирован научно-методологический подход к оценке и ранжированию пищевых систем и рационов на основе нутриентной плотности и использования нечеткой логики и интеллектуальных цифровых технологий. Подтверждена воспроизводимость интегральных оценок и сопоставимость результатов при разнородности исходных данных.

2. Разработан и апробирован методический подход к формированию системы нутриентного профилирования (включая принципы и алгоритм разработки МНП), разработана МНП и интегральный показатель оценки качества рациона (ИПОКР). Создан модуль программного средства «Мониторинг питания и здоровья» (внедрен в ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены» Роспотребнадзора), реализующего расчеты предложенных оригинальных инструментов ранжирования и оценки: МНП и ИПОКР при ранжировании и проектировании пищевой продукции и рационов с повышенной нутриентной плотностью.

3. На основе анализа и систематизация подходов к получению белка из традиционных, нетрадиционных и альтернативных источников разработана гармонизированная система РВ-анализа для оценки воздействий на здоровье человека и устойчивость продовольственной системы пищевых источников белка. Результаты РВ-анализа позволили обосновать преимущества использования бобового сырья и продуктов его переработки в рационе питания человека.

4. Предложена и апробирована методология проектирования белковосодержащих пищевых систем на основе разработанной унифицированной методики измерения функционально-технологических свойств получаемых на основе бобового сырья сухих изолятов, концентратов, гидролизатов: растворимость в холодной и горячей воде, ЖУС, ВУС, пенообразующая способность, пеноустойчивость, доля термически стабильной пены,

эмульсионная активность, эмульсионная стабильность, доля термически стабильной эмульсии.

5. Доказано, что метод МФГ (Протосубтилин ГЗх (А 250 ед/г), температура 55 °С, рН 6,7–7,2, продолжительность инкубации 4 ч с контролем соотношения фермента и субстрата) позволил добиться увеличения доли количества водорастворимых веществ до 62–81 %, в том числе коротких пептидов и аминокислот, что, в свою очередь, способно обеспечить повышение пищевой и биологической ценности разрабатываемых на основе гидролизатов пищевых продуктов за счет сдвига к низкомолекулярным фракциям и снижения содержания антипитательных веществ.

В ходе математической обработки данных для образцов гидролизатов ИГБ была установлена корреляционная зависимость между ВУС, растворимостью в холодной и горячей воде и количеством растворенного белка и показателями, характеризующими пептидную структуру белка: СВММ, доли НМФБ и доли ВМФБ, что позволяет прогнозировать свойства пищевых систем, получаемых на их основе.

6. Разработанная система принятия решений с использованием модели нутриентного профиля апробирована при проектировании и оценки качества:

– соусов: пастообразных кулинарных (тыквенный, томатный и ореховый); не-эмульгированных на основе растительных масел и ИГБ (дрессинги подсолнечный, кунжутный, оливковый и кукурузный); соус майонезный на основе ИГБ (без яичных компонентов), эмульгированные на основе растительных масел: ИГБ + ГГЗ (30 %) с виноградным маслом; ИГБ + ГГЖ (20%) с оливковым маслом; ИГБ + ГЧЗ (30 %) с кукурузным маслом и ИГБ + ГЧК (20 %) с кунжутным маслом);

– комбинированных фаршевых систем (6 % ГИГБ (0,075 %)) и продукции на их основе: полуфабрикатов мясосодержащих в тесте (вареники с мясом и тыквой, мясом и цветной капустой, мясом и морковью) и мясных блюд (суфле мясное с цветной капустой и суфле мясное с тыквой).

При ранжировании с использованием разработанной оригинальной МНП все позиции разработанного ассортимента подтвердили более высокие значения нутриентной плотности по сравнению с контрольными образцами при сохранении или увеличении органолептических показателей и сохранение или снижение себестоимости.

7. Обоснована эффективность использования СВЧ-обработки как стадии технологического процесса (в режиме: мощность 800 Вт; частота 2450 МГц, экспозиция 60 с) в целях снижения содержания антинутриентов в ППБС.

Установлены закономерности потери массы и изменения вязкости растворов ИГБ разной концентрации от времени СВЧ-обработки (экспозиция 30; 45; 60; 75; 90 с). Результаты эксперимента подтверждают снижение содержания фитиновой кислоты в подвергнутых СВЧ-обработке гидролизатах ППБС в среднем на 63–93 %, ингибитора трипсина – на 61–82 %; значительное улучшение органолептических свойства гидролизатов; снижение уровня КМАФАнМ до уровня ниже 10^3 КОЕ/г для всех видов образцов.

8. Проведена оценка качества, безопасности готовых изделий, установлена вариативность показателей при хранении, разработана техническая документация (акты пробной выработки, ТК, ТТК), ТУ и ТИ, лабораторно подтверждены сроки годности, осуществлена производственная апробация (ООО «Прогресс питание», г. Омск; ООО «Фуд-Мастер Фабрика», г. Новосибирск).

9. Предлагаемый научно-практический подход апробирован на основе использования модуля программного средства «Мониторинг питания и здоровья» (внедрен в ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены» Роспотребнадзора), реализующего расчеты МНП и ИПОКР на этапах проектирования и комплексной оценки качества и эффективности рационов. Доказано системное увеличение нутриентной плотности рациона программы питания (с повышенной общей калорийностью и нутриентной плотностью) для учащихся 1–4-х классов кадетского училища – увеличено значение ИПОКР на 4,6 пункта. Для рациона программы пищевой коррекции при ожирении детей 7–11 лет (с пониженной общей калорийностью и повышенной нутриентной плотностью) значение ИПОКР возросло на 7,2 пункта, что нашло визуальное отражение на «радарах» качества рациона. Анализ частных показателей ИПОКР подтверждает соответствие спроектированных рационов требованиям здорового устойчивого питания.

Таким образом, предложенные в работе концептуальные подходы, инструментарий и результаты верификации методологического подхода к процессу оценки и ранжирования пищевых систем и рационов развивают перспективное научное направление, связанное с обеспечением населения здоровым питанием и формированием устойчивых продовольственных систем. Предложенные подходы к использованию МФГ и СВЧ-обработки в процессе модификации и улучшения свойств ППБС могут быть рекомендованы к применению в отношении других бобовых культур, а также для предприятий пищевой промышленности различной направленности производства.

Список сокращений и условных обозначений

АК – аминокислота

АПФ – ангиотензинпревращающий фермент

БОФОС – бобовые, овощи, фрукты, орехи, семена

БСППБС – белковосодержащие продукты переработки бобового сырья

БЦ – биологическая ценность

ВМФБ – высокомолекулярная фракция белков

ВСС – влагосвязывающая способность

ВУС – влагоудерживающие свойства

ГГЖ – гидролизат гороха желтого

ГГЗ – гидролизат гороха зеленого

ГЖ – горох желтый

ГЗ – горох зеленый

ГИГБ – гидролизат изолята горохового белка

ГЧЗ – гидролизат чечевицы зеленой

ГЧЗ – гидролизат чечевицы красной

ЖУС – жирудерживающие свойства

ИВПВ – индекс восполнения потребности в витаминах

ИВПМВ – индекс восполнения потребности в минеральных веществах

ИГБ – изолят горохового белка

ИЗИ/БОФОС – индекс содержания здоровых сырьевых ингредиентов

ИЗП – индекс здорового питания

ИКБ – индекс качества белков

ИКЖ – индекс качества жиров

ИКП – индекс качества питания

ИКУ – индекс качества углеводов

ИНЖ – индекс содержания насыщенных жиров

ИП – индекс потребления (съедаемости)

ИПОКР – интегральный показатель оценки качества рациона

ИР – индекс разнообразия питания

ИС – индекс содержания соли

ИСА – индекс содержания добавленных сахаров

ИСБ – индекс сбалансированности макронутриентов

ИТЖ – индекс содержания транс-жиров

КО – контрольный образец

МНП – модель нутриентного профилирования

МФГ – механоферментативный гидролиз

НАК – незаменимые аминокислоты

НИЗ – неинфекционные заболевания

НМФБ – низкомолекулярная фракция белков

НП – нутриентное профилирование

ППБС – продукты переработки бобового сырья

ПС – пенообразующая способность

ПХБ – полихлорбифенилы

РЖКС – рациональность жирнокислотного состава

СВММ – средневзвешенная молекулярная масса

СППУР – система поддержки принятия управленческих решений

ФТС – функционально-технологические свойства

ЦУР – Цели устойчивого развития

ЧЗ – чечевица зеленая

ЧК – чечевица красная

Список литературы

1. Акашева, Д. У. Средиземноморская диета: история, основные компоненты, доказательства пользы и возможность применения в российской реальности / Д. У. Акашева, О. М. Драпкина // Рациональная фармакотерапия в кардиологии. – 2020. – Т. 16, № 2. – С. 307–316.
2. Алексеев, А. Л. Чечевица как перспективный источник белково-растительного сырья в технологии мясных изделий / А. Л. Алексеев, М. А. Алексеева, М. И. Сложенкина [и др.] // Орошаемое земледелие. – 2020. – № 1. – С. 63–66.
3. Алексеенко, С. П. Гигиеническая оценка фактического питания населения Ростовской области / С. П. Алексеенко, С. А. Мусиенко, А. В. Моцкус [и др.] // Здоровье населения и среда обитания. – 2023. – Т. 31, № 4. – С. 55–62.
4. Баймурадов, Р. С. Чечевица – продукт питания и лечебное средство / Р. С. Баймурадов, И. Д. Кароматов // Биология и интегративная медицина. – 2025. – № 73. – С. 531–547.
5. Бердугина, А. В. Методика определения эмульсионных свойств белковых препаратов / А. В. Бердугина, А. С. Громов // Пищевая промышленность. – 2009. – № 9. – С. 35–37.
6. Бессонов, В. В. Базы данных химического состава пищевых продуктов в эпоху цифровой нутрициологии / В. В. Бессонов, М. Н. Богачук, Д. О. Боков [и др.] // Вопросы питания. – 2020. – Т. 89, № 4. – С. 211–219.
7. Биоконверсия отходов пищевых производств / О. В. Зинина, О. П. Неверова, О. В. Горелик [и др.]. – Екатеринбург : Уральский ГАУ, 2023. – 136 с. – ISBN 978-5-87203-547-3.
8. Бурак, Л. Ч. Перспективы и ограничения использования технологии омического нагрева в пищевой промышленности / Л. Ч. Бурак // Инновационная наука. – 2024. – № 10-2-2. – С. 28–36.
9. Бурова, Т. Е. Введение в пищевую биотехнологию / Т. Е. Бурова. – 3-е изд. – Санкт-Петербург : Лань, 2025. – 156 с. – ISBN 978-5-507-50810-5.

10. Бухтояров, В. А. Влияние лигноцеллюлозного субстрата на денатурацию ферментов при совместной механической обработке / В. А. Бухтояров, А. Л. Бычков, О. И. Ломовский // Известия Академии наук. Серия химическая. – 2015. – № 4. – С. 948–951.
11. Быков, В. А. Биоэлементология как направление науки о жизни / В. А. Быков, А. В. Скальный // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. – 2011. – № 6. – С. 4–8.
12. Бычков, А. Л. Денатурация целлюлозолитических ферментов в присутствии воды / А. Л. Бычков, В. А. Бухтояров, О. И. Ломовский // Химия в интересах устойчивого развития. – 2011. – № 19. – С. 479–483.
13. Бычкова, Е. С. Альтернативные источники белка как основа перспективного развития пищевых производств / Е. С. Бычкова, Л. Н. Рождественская, А. Л. Бычков, Е. М. Подгорбунских // Современные технологии: проблемы и тенденции развития. – Петрозаводск : Новая наука, 2022. – С. 221–257.
14. Бычкова, Е. С. Применение квалитетического подхода к разработке салатов / Е. С. Бычкова, Л. Н. Рождественская // Пищевая промышленность. – 2012. – № 12. – С. 44–46.
15. Бычкова, Е. С. Технологические особенности и перспективы использования растительных белков в индустрии питания. Часть 1. Анализ пищевой и биологической ценности высокобелковых продуктов растительного происхождения / Е. С. Бычкова, Л. Н. Рождественская, В. Д. Погорова [и др.] // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2018. – № 2. – С. 53–57.
16. Бычкова, Е. С. Технологические особенности и перспективы использования растительных белков в индустрии питания. Часть 2. Способ снижения антипитательных свойств растительного сырья / Е. С. Бычкова, Л. Н. Рождественская, В. Д. Погорова [и др.] // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2018. – № 3. – С. 46–54.
17. Валиев, А. Р. Приоритеты развития агропромышленного комплекса и задачи аграрной науки и образования / А. Р. Валиев, Р. М. Низамов, Р. И. Сафин [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2022. – Т. 17, № 1. – С. 97–107.
18. Валовые сборы и урожайность сельскохозяйственных культур по Российской Федерации в 2023 г. : бюллетень (часть 1). – URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277> (дата обращения: 08.12.2024).

19. Ванханен, В. Д. Акценты гигиены питания и пищевой санитарии в условиях государственно-рыночных механизмов хозяйствования / В. Д. Ванханен // Вестник гигиены и эпидемиологии. – 2007. – Т. 11, № 2, приложение. – С. 123–126.
20. Ванханен, В. Д. Модернизированная классификация и трактовка болезней алиментарного генеза / В. Д. Ванханен, Д. О. Ластков, А. Д. Усенко [и др.] // Медичні перспективи. – 2009. – № 1. – С. 73–79.
21. Васильева, А. В. Базы данных химического состава: мировая и отечественная практика / А. В. Васильева, Ю. Г. Афанасьева, Л. Е. Мелешкина // Технологии и оборудование химической, биотехнологической и пищевой промышленности : материалы XIV Всерос. науч.-практ. конф. (Бийск, 19–21 мая 2021 г.). – Бийск : АлтГТУ, 2021. – С. 435–439.
22. Васюкова, А. Т. Моделирование системы оценки «индекса несъедемости» в школьной столовой на примере рыбных блюд / А. Т. Васюкова, К. В. Кривошонок, М. Д. Веденяпина, В. В. Кузнецов // Рыбное хозяйство. – 2022. – № 2. – С. 88–100.
23. Ващенко, В. Р. Организация системы корпоративного питания как важная составляющая системы стимулирования труда работников / В. Р. Ващенко, А. Р. Давыдович // Экономика и социум. – 2016. – № 4-1 (23). – С. 366–369.
24. Введение в элементологию : научно-методическое пособие / И. В. Радыш, А. В. Скальный, С. В. Нотова [и др.]. – Оренбург : ОГУ, 2017. – 183 с. – ISBN 978-5-4417-0677-3.
25. Врожденные и приобретенные энзимопатии : пер. с болг. / И. Андреев, И. Апостолов, Х. Браилски [и др.] ; под ред. Т. Ташева. – Москва : Медицина, 1980. – 368 с.
26. Гайнутдинов, И. Г. Состояние и особенности развития животноводческих отраслей в России и за рубежом / И. Г. Гайнутдинов, Ф. Н. Мухаметгалиев, Ф. Н. Авхадиев // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2021. – Т. 16, № 2 (62). – С. 86–95.
27. Галстян, А. Г. Роль наследственности и среды в формировании здоровья человека / А. Г. Галстян // Современные проблемы науки и образования. – 2016. – № 4. – С. 232–232.
28. Гвоздик, М. А. Специфика процесса биоконверсии и технологии получения растительного сырья / М. А. Гвоздик, О. Е. Кротова // Вестник науки. – 2024. – № 9 (78). – С. 678–681.

29. Генетически модифицированные источники пищи: оценка безопасности и контроль / под ред. В. А. Тутельяна. – Москва : РАМН, 2007. – 444 с. – ISBN 978-5-7901-0092-5.
30. Глобальная стратегия ВОЗ в области безопасности пищевых продуктов : доклад генерального директора. – 2021. – URL: https://apps.who.int/gb/ebwha/pdf_files/EB150/B150_25-ru.pdf (дата обращения: 23.04.2025).
31. Глобальные факторы риска для здоровья. Смертность и бремя болезней, обусловленные некоторыми основными факторами риска. – Женева : ВОЗ, 2015. – 62 с. – ISBN 978-92-4-456387-8.
32. Гольдина, Т. А. Искусственный интеллект в здравоохранении: Real World Data и Patient Voice – готовы ли мы к новым реалиям? / Т. А. Гольдина, В. А. Бурмистров, И. В. Ефименко, В. Ф. Хорошевский // Медицинские технологии. Оценка и выбор. – 2021. – № 2 (43). – С. 22–31.
33. Гордеев, К. С. Биологически активные добавки к пище / К. С. Гордеев, Е. Л. Ермолаева, А. А. Жидков [и др.] // Современные научные исследования и инновации. – 2018. – № 9. – URL: <https://web.snauka.ru/issues/2018/09/87368> (дата обращения: 12.09.2023).
34. Гришин, А. С. Новые технологии в индустрии питания – 3D-печать / А. С. Гришин, О. В. Бредихина, А. С. Помоз [и др.] // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. – 2016. – Т. 4, № 2. – С. 36–44.
35. Гришин, Д. В. Биоактивные белки и пептиды: современное состояние и новые тенденции практического применения в пищевой промышленности и кормопроизводстве / Д. В. Гришин, О. В. Подобед, Ю. А. Гладилина [и др.] // Вопросы питания. – 2017. – Т. 86, № 3. – С. 19–31.
36. Гурова, Н. В. Методы определения функциональных свойств соевых белковых препаратов / Н. В., Гурова И. А. Попело, В. В. Сучков [и др.] // Мясная индустрия. – 2001. – № 9. – С. 30–32.
37. Детское питание: руководство для врачей / под ред. В. А. Тутельяна, И. Я. Кона. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва : Медицинское информационное агентство, 2017. – 784 с. – ISBN 978-5-8948-2009-5.
38. Диетология / под ред. А. Ю. Барановского. – 5-е изд. – Санкт-Петербург : Питер, 2017. – 1104 с. – ISBN 978-5-4461-0987-6.

39. Добыча основных видов охотничьих ресурсов в сезон охоты по Российской Федерации (количество особей вида) / Минприроды России. – URL: <https://www.mnr.gov.ru/opendata/7710256289-hunting-caught-species> (дата обращения: 12.08.2025).
40. Доклад «Социально-экономическое положение России» / Росстат. – URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/50801> (дата обращения: 12.08.2025).
41. Донник, И. М. Комплексный подход по реализации полного инновационного цикла производства отечественных адаптированных смесей и лечебного питания / И. М. Донник, С. В. Кузьмин, С. Г. Майзель [и др.] // Пищевая промышленность. – 2022. – № 11. – С. 16–18.
42. Драпкина, О. М. Алиментарно-зависимые факторы риска хронических неинфекционных заболеваний и привычки питания: диетологическая коррекция в рамках профилактического консультирования. Методические рекомендации / О. М. Драпкина, Н. С. Карамнова, А. В. Концевая [и др.] // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. – 2021. – Т. 20, № 5. – С. 273–334.
43. Драпкина, О. М. Профилактика хронических неинфекционных заболеваний в Российской Федерации. Национальное руководство 2022 / О. М. Драпкина, А. В. Концевая, А. М. Калинина [и др.] // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. – 2022. – Т. 21, № 4. – С. 5–232.
44. Дунченко, Н. И. Квалиметрическое прогнозирование показателей при разработке инновационных продуктов / Н. И. Дунченко, И. Н. Игонина // Компетентность. – 2013. – № 8 (109). – С. 38–41.
45. Дурнева, М. Ю. Формирование пищевого поведения: путь от младенчества до подростка. Обзор зарубежных исследований / М. Ю. Дурнева // Клиническая и специальная психология. – 2015. – Т. 4, № 3. – С. 1–19.
46. Евдокимова, О. В. Функционально-технологические свойства белковых препаратов / О. В. Евдокимова, Е. Б. Гриминова, Н. Н. Толкунова, В. В. Прянишников // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2006. – № 2–3 (191–293). – С. 73–74.
47. Елисеева, Л. Г. Оценка рациона питания с учетом вариабельности данных химического состава продуктов / Л. Г. Елисеева, Н. М. Портнов // Вопросы питания. – 2020. – № 2. – С. 77–89.

48. Жилиева, М. А. Исследование экстракции белковых фракций из нутовой муки / М. А. Жилиева, А. А. Красноштанова // Успехи в химии и химической технологии. – 2023. – Т. 37, № 12 (274). – С. 62–65.
49. Здоровое питание. Тренды и перспективы : монография / А. В. Акамова, Е. В. Вишняков, Д. С. Грицаненко [и др.]. – Новосибирск : НГТУ, 2020. – 230 с. – ISBN 978-5-7782-4274-6.
50. Здоровое питание: проект Роспотребнадзора. – URL: <https://здоровое-питание.рф> (дата обращения: 18.05.2025).
51. Зинина, О. В. Исследование свойств белковых гидролизатов как потенциальной основы биоактивных пленочных покрытий / О. В. Зинина, А. Д. Николина, Д. В. Хвостов [и др.] // Пищевые системы. – 2023. – Т. 6, № 4. – С. 440–448.
52. Иванова, В. Н. Проектирование персонализированных рационов с применением функциональных пищевых продуктов / В. Н. Иванова, И. А. Никитин, Н. М. Портнов [и др.] // Пищевая промышленность. – 2018. – № 11. – С. 10–16.
53. Истомин, А. В. Эколого-гигиенические проблемы оптимизации питания населения / А. В. Истомин, Н. П. Мамчик, О. В. Клепиков. – Москва : Федеральный научный центр гигиены им. Ф. Ф. Эрисмана, 2001. – 420 с.
54. Карамнова, Н. С. Методы изучения питания: варианты использования, возможности и ограничения / Н. С. Карамнова, О. В. Измайлова, О. Б. Швабская // Профилактическая медицина. – 2021. – Т. 24, № 8. – С. 109–116.
55. Карамнова, Н. С. Растительные диеты: здоровье человека и планеты / Н. С. Карамнова, О. В. Измайлова, О. Б. Швабская, О. М. Драпкина // Профилактическая медицина. – 2022. – Т. 25, № 11. – С. 113–123.
56. Каурова, О. В. Исследование барьеров развития оптовых продовольственных рынков в системе государственного управления в Российской Федерации / О. В. Каурова, А. Н. Малолетко, Л. В. Матраева, Е. С. Васютина // OpenScience. – 2023. – Т. 5, № 2. – С. 73–91.
57. Качество жизни. Здоровье и питание : атлас / под ред. В. А. Тутельяна, Д. Б. Никитюка, Д. А. Буряка [и др.]. – Москва : Медицина, 2018. – 696 с. – ISBN 978-5-225-10039-1.

58. Ким, М. Н. Тенденции развития алиментарно-зависимых заболеваний и роль функциональных продуктов в профилактике заболеваний / М. Н. Ким // Евразийский союз ученых. – 2016. – № 22. – С. 65–68.
59. Коденцова, В. М. Множественная микронутриентная недостаточность у детей дошкольного возраста и способы ее коррекции / В. М. Коденцова, Д. В. Рисник // Лечащий врач. – 2020. – № 6. – С. 52–57.
60. Кожабек, Л. Взаимосвязь структуры питания и хронических неинфекционных заболеваний / Л. Кожабек // Менеджер здравоохранения. – 2022. – № 4. – С. 39–44.
61. Кожемяко, А. В. Квалиметрическая оценка качества овощных соусов / А. В. Кожемяко, И. Ю. Сергеева, Е. А. Вечтомова // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2020. – № 4. – С. 67–78.
62. Козлова, М. Ю. Средства «умного регулирования», влияющие на выбор потребителями полезных для здоровья продуктов / М. Ю. Козлова // Правовая парадигма. – 2021. – Т. 20, № 3. – С. 24–29.
63. Колпакова, В. В. Пищевые и кормовые белковые препараты из гороха и нута: производство, свойства, применение / В. В. Колпакова, Д. С. Куликов, Р. В. Уланова, Л. В. Чумикина // Техника и технология пищевых производств. – 2021. – Т. 51, № 2. – С. 333–348.
64. Колпакова, В. В. Растворимость и водосвязывающая способность белковой муки из пшеничных отрубей / В. В. Колпакова, А. П. Нечаев // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 1995. – № 1–2 (224–225). – С. 31–33.
65. Колпакова, В. В. Функциональные характеристики и молекулярно-структурная модификация растительных белков. Обзор / В. В. Колпакова, В. А. Бызов // Пищевые системы. – 2024. – Т. 7, № 3. – С. 324–335.
66. Колпакова, В. В. Эмульгирующие и пенообразующие свойства белковой муки из пшеничных отрубей / В. В. Колпакова, А. Е. Волкова, А. П. Нечаев // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 1995. – № 1–2 (225–225). – С. 34–37.
67. Концепция повышения продовольственной безопасности государств – участников СНГ : утверждена решением Совета глав правительств СНГ от 19 ноября 2010 г.
68. Королев, А. А. Гигиена питания / А. А. Королев. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва : Академия, 2014. – 544 с. – ISBN 978-5-4468-1932-4.

69. Корпачева, С. М. Квалиметрическое прогнозирование качества мучных блюд с использованием растительных заменителей молока / С. М. Корпачева, О. В. Рогова, С. Д. Антипин // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2024. – Т. 86, № 3. – С. 59–66.

70. Кочеткова, А. А. Динамика инноваций в технологии производства пищевых продуктов: от специализации к персонализации / А. А. Кочеткова, В. М. Воробьева, В. А. Саркисян [и др.] // Вопросы питания. – 2020. – Т. 89, № 4. – С. 233–243.

71. Ксенофонтов, М. Ю. К вопросу о влиянии климатических изменений на развитие сельского хозяйства России в долгосрочной перспективе / М. Ю. Ксенофонтов, Д. А. Ползиков // Проблемы прогнозирования. – 2020. – № 3 (180). – С. 82–92.

72. Куракин, М. С. Комплексный подход к оценке структуры питания разных социально-демографических групп населения / М. С. Куракин // Техника и технология пищевых производств. – 2016. – № 1 (40). – С. 87–95.

73. Лесникова, Н. А. Перспективы применения нетрадиционного растительного сырья для создания новых продуктов питания / Н. А. Лесникова, Л. Г. Протасова, Л. А. Кокорева, Г. Б. Пищиков // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2019. – Т. 81, № 4. – С. 89–97.

74. Лилишенцева, А. Н. Использование QFD-методологии при разработке обогащенного зефира / А. Н. Лилишенцева, Л. А. Мельникова, С. Е. Томашевич [и др.] // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2019. – Т. 12, № 1. – С. 28–41.

75. Липатов, Н. Н. Методология проектирования продуктов питания с требуемым комплексом показателей пищевой ценности / Н. Н. Липатов, И. А. Рогов // Известия вузов. Пищевая технология. – 1987. – № 2. – С. 9–15.

76. Липатов, Н. Н. Предпосылки компьютерного проектирования продуктов и рационов питания с задаваемой пищевой ценностью / Н. Н. Липатов // Хранение и переработка сельхозсырья. – 1995. – № 3. – С. 4–9.

77. Лисицын, А. Б. Конструирование многокомпонентных продуктов питания / А. Б. Лисицын, И. М. Чернуха, М. А. Никитина. – Москва : МГУПП, 2021. – 176 с. – ISBN 978-5-9920-0364-2.

78. Ломовский, И. О. Механохимический гидролиз биополимеров в технологиях пищевой промышленности и кормопроизводства / И. О. Ломовский, О. И. Ломовский // Химия в интересах устойчивого развития. – 2019. – Т. 27, № 3. – С. 257–266.

79. Лопатина, О. А. Особенности питания и образ жизни флекситариянства / О. А. Лопатина, А. И. Раченкова // Здоровье человека, теория и методика физической культуры и спорта. – 2017. – № 3 (6). – С. 35–43.
80. Маймулов, В. Г. Система мероприятий по предупреждению и уменьшению возникновения экологически зависимых заболеваний / В. Г. Маймулов, Б. В. Лимин, Т. В. Карлова [и др.] // Гигиена и санитария. – 2007. – № 6. – С. 14–16.
81. Максимов, С. А. Эмпирические модели питания в российской популяции и факторы риска хронических неинфекционных заболеваний (исследование ЭССЕ-РФ) / С. А. Максимов, Н. С. Карамнова, С. А. Шальнова [и др.] // Вопросы питания. – 2019. – Т. 88, № 6. – С. 22–33.
82. Максимов, С. А. Эмпирические модели питания и их влияние на состояние здоровья в эпидемиологических исследованиях / С. А. Максимов, Н. С. Карамнова, С. А. Шальнова, О. М. Драпкина // Вопросы питания. – 2020. – Т. 89, № 1. – С. 6–18.
83. Малази, С. А. Омический процесс нагрева – как альтернативная технология обработки пищевых продуктов / С. А. Малази // Инновации: перспективы, проблемы, достижения : материалы 6-й Междунар. науч.-практ. конф. (Москва, 28 марта 2018 г.). – Москва : РЭУ им. Г. В. Плеханова, 2018. – С. 166–178.
84. Мартинчик, А. Н. Нутрициология. Основы питания человека / А. Н. Мартинчик. – Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2025. – 504 с. – ISBN 978-5-9704-8975-8.
85. Мартинчик, А. Н. Общая нутрициология / А. Н. Мартинчик, И. В. Маев, О. О. Янушевич. – Москва : МЕДпресс-информ, 2005. – 392 с. – ISBN 5-98322-075-6.
86. Мартюшев-Поклад, А. В. К вопросу о коррекции питания в рамках персонифицированной модели здоровьесбережения и геропротекции / А. В. Мартюшев-Поклад, Д. С. Янкевич, Н. Г. Савицкая, М. В. Петрова // Клиническое питание и метаболизм. – 2022. – Т. 3, № 3. – С. 153–166.
87. Матишова, Д. А. Получение белковых изолятов на основе муки бобовых / Д. А. Матишова, Д. В. Приходько, А. А. Красноштанова // Бутлеровские сообщения. – 2025. – Т. 81, № 1. – С. 114–124/
88. Махотина, И. А. Функционально-технологические свойства муки из зерна бобовых / И. А. Махотина, О. В. Евдокимова, А. А. Щипанова [и др.] // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2008. – № 2–3 (303–304). – С. 42–44.

89. Машанов, А. И. Биоконверсия растительного сырья / А. И. Машанов, Н. А. Величко, Е. Е. Ташлыкова. – Красноярск : КрасГАУ, 2014. – 223 с. – URL: http://www.kgau.ru/sveden/2017/ipp/metod_190402_ukr_30.pdf (дата обращения: 23.04.2025).

90. Маюрникова, Л. А. Обогащение пищевых продуктов как фактор профилактики микронутриентной недостаточности / Л. А. Маюрникова, А. А. Кокшаров, Т. В. Крапива, С. В. Новоселов // Техника и технология пищевых производств. – 2020. – Т. 50, № 1. – С. 124–139.

91. Медико-биологическая оценка пищевой продукции, полученной из генетически модифицированных источников : методические указания МУК 2.3.2.970-00 / разработ. В. А. Тутельян [и др.]. – Изд. офиц. – Москва : Минздрав России, 2000. – 94 с. – ISBN 5-7508-0224-8.

92. Медицинская элементология / А. В. Скальный, М. Г. Скальная, А. А. Киричук, А. А. Тиньков. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва : РУДН, 2021. – 199 с. – ISBN 978-5-209-10832-0.

93. Мезенова, О. Я. Современная пищевая биотехнология: основные проблемы и вызовы / О. Я. Мезенова // Вестник Международной академии холода. – 2023. – № 1. – С. 35–46.

94. Мельникова, М. М. Несбалансированное питание как фактор риска развития алиментарно-зависимых заболеваний / М. М. Мельникова // Вестник Новосибирского государственного педагогического университета. – 2014. – Т. 1, № 17. – С. 197–202.

95. Месхи, Б. Ч. Обзор и анализ новых видов продуктов питания / Б. Ч. Месхи, А. В. Мозговой, Д. В. Рудой [и др.] // Инновационные технологии в науке и образовании (Конференция «ИТНО 2022»): сб. науч. тр. X Юбил. междунар. науч.-практ. конф. (с. Дивноморское, 26 сентября – 2 октября 2022 г.). – Ростов-на-Дону : ДГТУ-Принт, 2022. – С. 97–102.

96. Методы изучения фактического питания и оценки пищевого статуса : руководство к самостоятельной работе студентов / Т. Р. Зулькарнаев, А. И. Салимгараева, Е. А. Поварго [и др.]. – Уфа : БГМУ, 2010. – 96 с. – URL: <https://library.bashgmu.ru/elibdoc/elib269.doc> (дата обращения: 14.08.2024).

97. Миневич, И. Э. Характеристика порошков белкового концентрата и полисахаридного экстракта, полученных из льняного сырья методом распылительной сушки

/ И. Э. Миневич, Т. Б. Цыганова, В. Я. Черных // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2020. – № 3. – С. 46–57.

98. Михеев, В. Н. О необходимости систематической актуализации таблиц химического состава пищевых продуктов и их структуры / В. Н. Михеев, Л. Н. Рождественская, В. А. Щевелева, А. П. Лачугин // Вопросы питания. – 2023. – Т. 92, № 5. – С. 197.

99. Мобильное андроид-приложение «Оцени питание!» / Министерство просвещения Российской Федерации, Федеральный центр мониторинга питания обучающихся. – URL: <https://op.semon.ru> (дата обращения: 23.04.2025).

100. Мокеева, Е. Г. О связи химического элементного статуса человека с его физиологическими и антропометрическими показателями / Е. Г. Мокеева, О. С. Нотов, А. В. Скальный // Вестник Российской Военно-медицинской академии. – 2008. – № 4 (24). – С. 117–119.

101. Моргунова, Е. М. Методология мониторинга и формирования базы данных химического состава и пищевой ценности продуктов питания / Е. М. Моргунова, З. В. Ловкие, С. А. Кондратенко // Вестник Могилевского государственного университета продовольствия. – 2020. – № 2 (29). – С. 15–32.

102. Мусина, О. Н. Перспективы использования бобовых культур в молочной промышленности / О. Н. Мусина // Молочное дело. – 2010. – № 2. – С. 38–40.

103. Национальная программа по оптимизации обеспеченности витаминами и минеральными веществами детей России (и использованию витаминных и витаминно-минеральных комплексов и обогащенных продуктов в педиатрической практике) / Союз педиатров России [и др.]. – Москва : ПедиатрЪ, 2017. – 152 с. – ISBN 978-5-906332-94-3.

104. Неделько, А. Ю. Потребительский выбор продуктов питания: факторы, текущее состояние и ожидаемые изменения / А. Ю. Неделько, О. А. Третьяк, А. Ю. Лаврова // Российский журнал менеджмента. – 2020. – Т. 18, № 4. – С. 605–642.

105. Некрасов, В. И. Роль микроэлементов в повышении функциональных резервов организма человека / В. И. Некрасов, А. В. Скальный, Р. М. Дубовой // Вестник Российской Военно-медицинской академии. – 2006. – № 1 (15). – С. 111–113.

106. Неустроев, С. С. Предварительные итоги мониторинга системы организации горячего питания в общеобразовательных организациях в 2019 году в аспекте реализации государственной политики в области здорового питания / С. С. Неустроев, Э. В. Миндза-

ева, Л. Н. Рождественская // Управление образованием: теория и практика. – 2020. – № 1 (37). – С. 14–29.

107. Никитина, М. А. Многофакторное планирование экспериментов при разработке новых мясных продуктов / М. А. Никитина, В. Б. Крылова, А. Н. Захаров, О. Н. Новикова // Все о мясе. – 2017. – № 4. – С. 54–58.

108. Никитина, М. А. Мониторинг жизненного цикла пищевого продукта, созданного на основе цифрового двойника / М. А. Никитина, И. М. Чернуха, А. Т. Кусай // Все о мясе. – 2022. – № 4. – С. 22–26.

109. Никитина, М. А. Применение метода анализа иерархии при оценке качества продуктов питания / М. А. Никитина, И. М. Чернуха // Все о мясе. – 2019. – № 5. – С. 38–40.

110. Никитина, М. А. Прогнозирование состава функционального пищевого продукта с использованием компьютерной симуляции / М. А. Никитина, И. М. Чернуха, М. П. Артамонова, А. Т. Кусай // Пищевые системы. – 2024. – Т. 7, № 4. – С. 543–550.

111. Никитина, М. А. Структура базы данных «Пищевые добавки (разрешенные на территории РФ)» / М. А. Никитина, А. Н. Захаров // Пищевые ингредиенты России 2019 : сб. науч. тр. Междунар. науч.-практ. конф. (Санкт-Петербург, 6–7 июня 2019 г.). – Санкт-Петербург : ВНИИ пищевых добавок, 2019. – С. 89–94.

112. Новикова, И. И. Исследование распространенности избыточной массы тела и ожирения среди обучающихся общеобразовательных организаций / И. И. Новикова, Л. Н. Рождественская, С. П. Романенко // Оптимальное питание – основа продолжительной и активной жизни : сб. тр. XIX Междунар. конгресса диетологов и нутрициологов, посвященного 95-летию ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологий» (Москва, 17–18 ноября 2025 г.). – Москва : ТОРУС ПРЕСС, 2025. – С. 475–481.

113. Новикова, И. И. Обоснование методических подходов к организации группового мониторинга эффективности мероприятий по снижению ожирения в образовательных учреждениях / И. И. Новикова, Л. Н. Рождественская // Вопросы детской диетологии. – 2025. – Т. 25, № 6. – С. 62–72.

114. Нормативы для оценки физического развития детей и подростков Российской Федерации : учебное пособие для врачей : в 2 ч. / Д. Б. Никитюк, В. И. Попов, Ю. В. Елисеева [и др.]. – Москва : Научная книга, 2023. – Ч. 1. – 430 с. – ISBN 978-5-6050042-3-3.

115. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации : методические рекомендации МР 2.3.1.0253-21. – Москва : Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2021. – 72 с.

116. Нутритивные аспекты программирования здоровья детей // Педиатрическая фармакология. – 2022. – Т. 19, № 2. – С. 203–205.

117. О безопасности отдельных видов специализированной пищевой продукции, в том числе диетического лечебного и диетического профилактического питания : технический регламент Таможенного союза ТР ТС 027/2012.

118. О безопасности пищевой продукции : технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011.

119. О внесении изменений в Инструкцию по организации лечебного питания в лечебно-профилактических учреждениях, утвержденную приказом Министерства здравоохранения Российской Федерации от 5 августа 2003 г. № 330, и нормы лечебного питания, утвержденные приказом Министерства здравоохранения Российской Федерации от 21 июня 2013 г. № 395н : приказ Минздрава России от 19 февраля 2024 г. № 70н.

120. О внесении изменений в Федеральный закон «О качестве и безопасности пищевых продуктов» и статью 37 Федерального закона «Об образовании в Российской Федерации» : федеральный закон от 1 марта 2020 г. № 47-ФЗ.

121. О качестве и безопасности пищевых продуктов : федеральный закон от 2 января 2000 г. № 29-ФЗ.

122. О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 г. : указ Президента РФ от 21 июля 2020 г. № 474.

123. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2024 г. : государственный доклад. – Москва : Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2025. – 424 с.

124. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2023 г. : государственный доклад. – Москва : Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2024. – 191 с.

125. О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации : указ Президента РФ от 28 февраля 2024 г. № 145.

126. Об актуальных проблемах оптимизации питания населения России: роль науки : постановление Президиума РАН от 27 ноября 2018 г. № 178.

127. Об образовании в Российской Федерации : федеральный закон от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ.

128. Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации : указ Президента РФ от 21 января 2020 г. № 20.

129. Об утверждении Концепции предиктивной, превентивной и персонализированной медицины : приказ Минздрава России от 24 апреля 2018 г. № 186.

130. Об утверждении норм лечебного питания : приказ Министерства здравоохранения РФ от 21 июня 2013 г. № 395н.

131. Об утверждении обучающих (просветительских) программ по вопросам здорового питания : приказ Роспотребнадзора от 7 июля 2020 г. № 379.

132. Об утверждении перечня отдельных видов работ, при выполнении которых работникам предоставляется бесплатно по установленным нормам лечебно-профилактическое питание, норм бесплатной выдачи витаминных препаратов, а также норм и условий бесплатной выдачи лечебно-профилактического питания : приказ Минтруда России от 16 мая 2022 г. № 298н.

133. Об утверждении плана мероприятий по реализации положений Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации : распоряжение Правительства РФ от 9 июня 2020 г. № 1516-р.

134. Определение белка колориметрическим методом (метод Лоури) в биологических лекарственных препаратах : ОФС.1.7.2.0023.15. – URL: <https://pharmacopoeia.regmed.ru/pharmacopoeia-projects/izdanie-14/1/1-7/1-7-2/?vers=2438> (дата обращения: 25.08.2025).

135. Определение химических элементов в биологических средах и препаратах методами атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой и масс-спектрометрией : методические указания МУК 4.1.1482-03, МУК 4.1.1483-03. – Москва : ФЦГСН России, 2003. – 56 с.

136. Орлов, Ю. Н. Цифровая нутрициология: спектральные портреты меню оптимального питания / Ю. Н. Орлов, А. А. Кислицын, А. О. Камбаров // Научная визуализация. – 2020. – Т. 12, № 2. – С. 139–150.

137. Осокина, А. С. Применение планирования эксперимента при разработке питательной среды в производственном цикле культивирования личинок *G. mellonella* L. / А. С. Осокина, А. В. Гущин, Э. А. Аникина // Аграрная наука. – 2022. – № 4. – С. 104–108.

138. Оценка качества пищевой продукции и оценка доступа населения к отечественной пищевой продукции, способствующей устранению дефицита макро- и микронутриентов : методические рекомендации МР 2.3.7.0168-20 : утверждены Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 20 марта 2020 г.

139. Паспорт федерального проекта «Формирование системы мотивации граждан к здоровому образу жизни, включая здоровое питание и отказ от вредных привычек». – URL: <https://minzdrav.kamgov.ru/files/5cd0dc1ea8b287.59976572.pdf> (дата обращения: 10.10.2025).

140. Патент № 2318655 Российская Федерация. Способ получения древесной муки / А. А. Политов, О. В. Бершак, О. И. Ломовский.

141. Патент № 2504384 Российская Федерация. Способ получения водорастворимых фракций маннопротеинов и β -глюкана / А. Л. Бычков, О. И. Ломовский.

142. Патент № 2791132 Российская Федерация, МПК G01N 21/73. Устройство элементного экспресс-анализа волос человека методом лазерно-индуцируемой плазменно-эмиссионной спектроскопии и способ его осуществления : № 2021110148 : заявл. 13.08.2020 : опубл. 02.03.2023 / А. В. Скальный.

143. Патент на полезную модель № 223008 Российская Федерация, МПК G01J 3/00. Держатель биологического образца в портативном лазерном спектрометре : № 2023115002 : заявл. 07.06.2023 : опубл. 26.01.2024 / А. В. Скальный.

144. Паулов, Ю. В. Особенности формирования белковых гелей при термообработке мяса краба-стригуна опилио / Ю. В. Паулов, С. В. Леваньков // Известия ТИНРО. – 2008. – № 155. – С. 318–326.

145. Петухов, В. И. Корреляционный анализ данных спектрометрии волос: новый подход к оценке элементного гомеостаза / В. И. Петухов, Е. В. Дмитриев, И. Я. Калвиныш [и др.] // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2007. – № 12 (79). – С. 128–135.

146. Питание и окружающая среда. Накормить население, сохранить планету / UN-Nutrition. – Рим : ФАО, 2024. – ISBN 978-92-5-138988-1. – URL: <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/cc5757ru> (дата обращения: 03.01.2025).

147. Питание и продовольственные системы : доклад Группы высокого уровня по продовольственной безопасности и питанию / ФАО. – Рим, 2018. – URL: <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/i7846ru> (дата обращения: 07.12.2024).

148. Пищевая продукция в части ее маркировки : технический регламент Таможенного союза ТР ТС 022/2011.

149. Подготовка и проведение мониторинга питания обучающихся общеобразовательных организаций : методические рекомендации 2.3.0340-24. – Москва : Федеральная служба по надзору в сфере прав потребителей и благополучия человека, 2024. – 37 с.

150. Позняковский, В. М. Актуальные проблемы современной нутрициологии / В. М. Позняковский, Н. Г. Челнакова, Д. А. Сафьянн // Здоровье семьи – 21 век. – 2010. – № 2 (2). – С. 11–15.

151. Позняковский, В. М. Эволюция питания и формирование нутриома современного человека / В. М. Позняковский // Индустрия питания. – 2017. – № 3 (4). – С. 5–12.

152. Попова, А. Ю. Гигиеническая оценка организации питания школьников в общеобразовательных организациях Российской Федерации / А. Ю. Попова, И. Г. Шевкун, Г. В. Яновская, И. И. Новикова // Здоровье населения и среда обитания. – 2022. – Т. 30, № 2. – С. 7–12.

153. Посокина, Н. Е. Термические способы обработки растительного сырья для увеличения его хранимостпособности / Н. Е. Посокина, А. И. Захарова // Вестник КрасГАУ. – 2022. – № 11. – С. 192–201.

154. Потапкина, Е. П. Интегрированный подход к обеспечению качественного, безопасного и здорового питания школьников / Е. П. Потапкина, Т. В. Мажаева, С. В. Синицына [и др.] // Индустрия питания. – 2024. – Т. 9, № 1. – С. 91–103.

155. Потребление пищевых продуктов / Росстат. – URL: <https://rosstat.gov.ru/search?q=потребление+пищевых+продуктов> (дата обращения: 12.08.2025).

156. Программа оптимизации вскармливания детей первого года жизни в Российской Федерации : методические рекомендации / НМИЦ здоровья детей Минздрава России. – Москва : [б. и.], 2019. – 112 с. – ISBN 978-5-6042256-5-3.

157. Продовольственная безопасность и питание / ФАО ; Всемирный банк. – Рим : ФАО ; Вашингтон : Всемирный банк, 2022. – ISBN 978-92-5-135676-0. – URL: <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/cb1564ru> (дата обращения: 14.12.2024).

158. Продовольственные системы, обеспечивающие улучшение здоровья: резюме / ВОЗ. – 2021. – ISBN 978-92-4-003371-9. – URL: <https://iris.who.int/server/api/core/bitstreams/92d6daf4-b0d8-464e-8694-ea13bb6ff269/content> (дата обращения: 23.04.2025).

159. Прокопенко, Н. Ю. Математическая логика и булевы функции / Н. Ю. Прокопенко. – Нижний Новгород : ННГАСУ, 2021. – 107 с. – URL: <https://bibl.nngasu.ru/electronicresources/uch-metod/mathematics/875073.pdf> (дата обращения: 29.04.2025).

160. Развитие отраслевого аграрного рынка для обеспечения устойчивости продовольственных систем / О. В. Шумакова, О. Н. Крюкова, А. А. Дегенгардт, Е. С. Осипенко. – Омск : Омский ГАУ, 2024. – 83 с. – ISBN 978-5-907872-88-2.

161. Разработка марочного ассортимента изолятов горохового белка / Уралхим Инновация. – URL: <https://madeinrussia.ru/ru/catalog/3403?ysclid=mddy3o9uyc19160984> (дата обращения: 08.12.2024).

162. Рекомендации КВПБ по продовольственным системам и питанию (РПСП). – URL: https://www.fao.org/fileadmin/templates/cfs/Docs2021/Documents/CFS_VGs_Food_Systems_and_Nutrition_Strategy_RU.pdf (дата обращения: 19.11.2024).

163. Рекомендации по организации питания обучающихся общеобразовательных организаций : методические рекомендации МР 2.4.0179-20 : утверждены Главным государственным санитарным врачом РФ 18 мая 2020 г. – URL: https://www.rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=14660 (дата обращения: 23.04.2025).

164. Рекомендации по проведению оценки соответствия меню обязательным требованиям : методические рекомендации МР 2.4.0260-21 : утверждены Главным государственным санитарным врачом РФ 4 октября 2021 г.

165. Рекомендуемые рациональные нормы потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания : утверждены приказом Минздрава России от 19 августа 2016 г. № 614.

166. Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ : методические рекомендации МР 2.3.1.1915-04 / Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. – Москва : Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 45 с.

167. Речкина, Е. А. Перспективы использования проростков чечевицы в технологии продуктов для специализированного питания / Е. А. Речкина, Г. А. Губаненко // Актуальные вопросы переработки и формирование качества продукции АПК : материалы

II Междунар. науч. конф. (Красноярск, 15 декабря 2022 г.). – Красноярск : КрасГАУ, 2023. – С. 97–99.

168. Родионова, Н. С. Перспективы применения зернобобовых в инновационных технологиях функциональных продуктов питания / Н. С. Родионова, И. П. Щетилина, К. Г. Короткова [и др.] // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2020. – Т. 82, № 3. – С. 153–163.

169. Родоманская, С. А. Государственная политика поддержки производителей и потребителей продуктов питания по продовольственным уровням / С. А. Родоманская // Столыпинский вестник. – 2024. – Т. 6, № 1. – URL: <https://stolypin-vestnik.ru/wp-content/uploads/2024/01/19.pdf> (дата обращения: 03.02.2025).

170. Рождественская, Л. Н. Анализ вызовов и современных тенденций развития технологий на рынке белков / Л. Н. Рождественская, Е. С. Бычкова, А. Л. Бычков // Пищевая промышленность. – 2018. – № 5. – С. 42–47.

171. Рождественская, Л. Н. Индексы здорового и качественного питания: ретроспективный анализ / Л. Н. Рождественская // Актуальные вопросы гигиены и профилактики : сб. ст. Всерос. науч.-практ. конф. (Новосибирск, 27–28 февраля 2025 г.) : в 2 ч. – Омск : Омская гуманитарная академия, 2025. – Ч. 2. – С. 75–82.

172. Рождественская, Л. Н. Когнитивное моделирование как основа совершенствования систем внутренней продовольственной помощи и социального питания / Л. Н. Рождественская, М. А. Ягольницер // Пищевая промышленность. – 2016. – № 12. – С. 30–35.

173. Рождественская, Л. Н. О вкусном и здоровом общественном питании / Л. Н. Рождественская // ЭКО. – 2012. – № 1 (451). – С. 158–166.

174. Рождественская, Л. Н. Обеспечение доступности здорового питания в образовательных учреждениях России / Л. Н. Рождественская // Вопросы питания. – 2014. – Т. 83, № 3. – С. 33–34.

175. Рождественская, Л. Н. Обоснование потребности в школьном питании / Л. Н. Рождественская // Modern economy success. – 2017. – № 4. – С. 58–69.

176. Рождественская, Л. Н. Основы здорового питания / Л. Н. Рождественская, А. А. Дриль. – Новосибирск : НГТУ, 2023. – 300 с. – ISBN 978-5-7782-4821-2.

177. Рождественская, Л. Н. Особенности развития школьного питания Кыргызстана (за период 2002–2022 гг.) / Л. Н. Рождественская, А. Т. Жамангулова, А. А. Роже-

ственная // Евразийское пространство: экономика, право, общество. – 2022. – № 6. – С. 75–79.

178. Рождественская, Л. Н. Особенности цифровой трансформации предприятий индустрии питания / Л. Н. Рождественская, О. В. Рогова, Л. Е. Чередниченко // Креативная экономика. – 2020. – Т. 14, № 6. – С. 1137–1154.

179. Рождественская, Л. Н. Оценка качества рационов завтраков в российских школах / Л. Н. Рождественская, И. И. Новикова, С. П. Романенко // Рационы питания населения. Фудомика. Качество и безопасность пищевой и кулинарной продукции. Технологии сбережения здоровья : сб. науч. тр. Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием (Москва, 12 декабря 2024 г.). – Москва : Русайнс, 2025. – С. 273–281.

180. Рождественская, Л. Н. Перспективы нутриентного профилирования для профилактики заболеваний и укрепления здоровья / Л. Н. Рождественская, С. П. Романенко, О. В. Чугунова // Индустрия питания. – 2023. – Т. 8, № 2. – С. 63–72.

181. Рождественская, Л. Н. Пищевая безопасность / Л. Н. Рождественская, В. А. Коротенко, А. В. Кириленко. – Москва ; Берлин : Директмедиа Паблишинг, 2021. – 208 с. – ISBN 978-5-4499-2614-2.

182. Рождественская, Л. Н. Повышение качества пищевых продуктов на основе прослеживаемости / Л. Н. Рождественская, Л. П. Липатова // Пищевая промышленность. – 2017. – № 11. – С. 64–68.

183. Рождественская, Л. Н. Порционный подход в мониторинге и оценке качества питания / Л. Н. Рождественская, Д. А. Кожурова // Оптимальное питание – основа продолжительной и активной жизни : сб. тр. XIX Междунар. конгресса диетологов и нутрициологов, посвященного 95-летию ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологий» (Москва, 17–18 ноября 2025 г.). – Москва : ТОРУС ПРЕСС, 2025. – С. 548–552.

184. Рождественская, Л. Н. Потенциальные возможности промышленного получения изолята горохового белка / Л. Н. Рождественская, П. С. Бикбулатов, О. В. Чугунова, Н. В. Заворохина // Вестник КрасГАУ. – 2024. – № 8 (209). – С. 130–139.

185. Рождественская, Л. Н. Разработка программного продукта для высокотехнологичного производства пищевых продуктов функционального и специализированного назначения / Л. Н. Рождественская, О. В. Рогова // Актуальные проблемы электронного приборостроения (АПЭП-2018) : тр. 14-й Междунар. науч.-техн. конф. (Новосибирск, 2–6 октября 2018 г.) : в 8 т. – Новосибирск : НГТУ, 2018. – Т. 8. – С. 132–135.

186. Рождественская, Л. Н. Разработка технических решений по снижению антипитательных веществ бобового сырья / Л. Н. Рождественская, О. В. Чугунова // Индустрия питания. – 2025. – Т. 10, № 2. – С. 33–45.

187. Рождественская, Л. Н. Роль системы мониторинга и оценки национальной программы питания школьников в совершенствовании элементного статуса питающихся / Л. Н. Рождественская, С. П. Романенко, М. А. Пустовая // Микроэлементы в медицине. – 2024. – Т. 25, № 2. – С. 85–87.

188. Рождественская, Л. Н. Систематизация методов получения животных белков на основе особенностей используемых технологических решений и традиционности источников. Часть 1. Анализ динамики производства животных протеинов и существующие вызовы / Л. Н. Рождественская, Е. С. Бычкова, О. С. Даниленко [и др.] // Пищевая промышленность. – 2018. – № 10. – С. 15–19.

189. Рождественская, Л. Н. Систематизация методов получения животных белков на основе особенностей используемых технологических решений и традиционности источников. Часть 2. Перспективы получения животных протеинов с учетом традиционности источников и технологий / Л. Н. Рождественская, Е. С. Бычкова, О. С. Даниленко, О. И. Ломовский // Пищевая промышленность. – 2018. – № 11. – С. 66–72.

190. Рождественская, Л. Н. Современные тренды и вызовы в индустрии питания / Л. Н. Рождественская // Социально-экономические процессы: новое видение, вызовы, тенденции : монография. – Петрозаводск : Новая наука, 2022. – С. 81–125.

191. Рождественская, Л. Н. Технические решения для эффективного использования продовольственных ресурсов в технологии пищевых систем / Л. Н. Рождественская, О. В. Чугунова // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. – 2023. – Т. 11, № 4. – С. 6–18.

192. Рождественская, Л. Н. Унификация подходов к оценке качества и функционально-технологических свойств белоксодержащих продуктов переработки бобового сырья / Л. Н. Рождественская, И. О. Ломовский, О. В. Чугунова // Пищевые системы. – 2025. – Т. 8, № 2. – С. 235–243.

193. Рождественская, Л. Н. Формирование показателей, входящих в индекс оценки качества рациона питания / Л. Н. Рождественская // БиоТех-2025 : тез. докл. II Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием (Санкт-Петербург, 8–10 апреля 2025 г.). – Санкт-Петербург : СПбПУ, 2025. – С. 99.

194. Рождественская, Л. Н. Цифровые подходы к управлению эффективностью и результативностью программ питания населения / Л. Н. Рождественская, С. П. Романенко // Здоровье и окружающая среда : сб. материалов междунар. науч.-практ. конф. (Минск, 5–6 декабря 2024 г.). – Гомель : Гомельская праўда, 2024. – С. 206–209.

195. РСХБ: Россия достигла рекордного уровня потребления белка животного происхождения в 2024 г. – URL: <https://milknews.ru/index/rskhb-potreblenie-belka.html> (дата обращения: 12.08.2025).

196. Руководство по глобальному мониторингу здорового питания = Guidance for monitoring healthy diets globally / ВОЗ ; ФАО ; ЮНИСЕФ. – 2024. – URL: <https://www.who.int/ru/publications/i/item/9789240094383> (дата обращения: 17.07.2025).

197. Русаков, В. Н. Развитие фундаментальных и прикладных исследований в области гигиены питания (обзор литературы) / В. Н. Русаков, А. В. Истомин, Л. А. Румянцева [и др.] // Гигиена и санитария. – 2021. – Т. 100, № 9. – С. 991–997.

198. Савинков, С. В. Теория и практика пищевой комбинаторики. Кейс: продуктовые рационы, адекватные нормам оптимального питания / С. В. Савинков, Т. П. Данько, Е. С. Петренко [и др.] // Инновации и инвестиции. – 2019. – № 5. – С. 339–346.

199. Сальникова, Е. В. Региональные особенности содержания микроэлементов в биосфере и организме человека / Е. В. Сальникова, Т. И. Бурцева, А. В. Скальный // Гигиена и санитария. – 2019. – Т. 98, № 2. – С. 148–152.

200. Самодурова, Н. Ю. Определение территорий риска по уровню алиментарно-зависимых заболеваний с учетом региональных особенностей структуры питания населения / Н. Ю. Самодурова [и др.] // Вестник Российского государственного медицинского университета. – 2018. – № 5. – С. 42–46.

201. Самороднова, Е. А. Питание дошкольников и младших школьников: тенденции, проблемы и поиск путей оптимизации / Е. А. Самороднова // Педиатрия. Consilium Medicum. – 2023. – № 4. – С. 238–245.

202. Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов : методические указания МУК 4.2.1847-04. – Москва : Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 31 с.

203. Санитарно-эпидемиологические требования к организации общественного питания населения : СанПиН 2.3/2.4.3590-20.

204. Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи : СП 2.4.3648-20 : утверждены Главным государственным санитарным врачом РФ от 28 сентября 2020 г.

205. Сафиуллин, И. Н. Оценка продовольственной безопасности России / И. Н. Сафиуллин, Б. Г. Зиганшин, Э. Ф. Амирова [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2021. – Т. 16, № 2 (62). – С. 124–132.

206. Сборник рецептов блюд и меню кострового питания / И. И. Новикова, С. П. Романенко, Л. Н. Рождественская [и др.]. – Новосибирск : ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены» Роспотребнадзора, 2025. – 62 с.

207. Сборник рецептов блюд и типовых меню для организации питания детей в образовательных организациях и организациях отдыха детей и их оздоровления (от 7 до 18 лет) / А. Ю. Попова, И. В. Брагина, И. Г. Шевкун [и др.]. – Москва : Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2023. – 588 с.

208. Сборник рецептов блюд и типовых меню для организации питания детей в дошкольных образовательных организациях / А. Ю. Попова, И. В. Брагина, И. Г. Шевкун [и др.]. – Москва ; Новосибирск : [б. и.], 2023. – 436 с.

209. Сборник рецептов блюд и типовых меню для организации питания обучающихся 1–4-х классов в общеобразовательных организациях / И. И. Новикова, С. П. Романенко, М. В. Семенихина [и др.]. – Москва : Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2022. – 285 с. – ISBN 978-5-7508-1935-5.

210. Сборник рецептов национальных блюд для детей дошкольного и школьного возраста / И. И. Новикова, С. П. Романенко, Л. Н. Рождественская [и др.]. – Новосибирск : Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2023. – 51 с.

211. Сборник типовых меню и рецептов блюд для организации питания детей школьного возраста в организациях с круглосуточным режимом пребывания и иными режимами функционирования / И. И. Новикова, С. П. Романенко, Л. Н. Рождественская [и др.]. – Новосибирск, 2020. – 304 с.

212. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2019621087 Российская Федерация. Функциональные пищевые продукты: новые помощники в профилактике хронических неинфекционных заболеваний : № 2019621022 : заявл. 14.06.2019 : опубл. 25.06.2019 / Н. С. Карамнова.

213. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2023623681 Российская Федерация. Результаты гигиенической оценки организованного питания в общеобразовательных организациях : № 2023623502 : заявл. 23.10.2023 : опубл. 30.10.2023 / И. И. Новикова, С. П. Романенко, В. В. Сарычев, Л. Н. Рождественская.

214. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2024621591 Российская Федерация. База данных «База знаний медицинской элементологии – часть 1» : № 2024621318 : заявл. 08.04.2024 : опубл. 10.04.2024 / А. В. Скальный.

215. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2024621145 Российская Федерация. Сравнительная база данных химического состава продуктов питания : № 2024620793 : заявл. 05.03.2024 : опубл. 18.03.2024 / И. И. Новикова, С. П. Романенко, Л. Н. Рождественская [и др.].

216. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023663206 Российская Федерация. Программа расчета риска развития ожирения на основе химического состава волос человека : № 2023662184 : заявл. 09.06.2023 : опубл. 20.06.2023 / А. В. Скальный, А. А. Тиньков.

217. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022681730 Российская Федерация. Мониторинг питания и здоровья : № 2022681279 : заявл. 08.11.2022 : опубл. 16.11.2022 / И. И. Новикова, С. П. Романенко, В. В. Гремилов [и др.].

218. Семипятный, В. К. Идентификация пищевых продуктов. Цифровые мета-информационные решения / В. К. Семипятный. – Москва : ВНИМИ, 2021. – 132 с. – ISBN 978-5-6043854-8-7.

219. Сергеев, Л. И. Особенности воспроизводства общественного продукта в условиях санкций / Л. И. Сергеев, Д. Л. Сергеев // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Экономика. – 2022. – № 4. – С. 80–89.

220. Симонова, Г. И. Фактическое питание и здоровье населения Сибири: результаты двадцатилетних эпидемиологических исследований / Г. И. Симонова, Ю. П. Никитин, О. М. Брагина [и др.] // Бюллетень Сибирского отделения Российской академии медицинских наук. – 2006. – Т. 26, № 4. – С. 22–30..

221. Система школьного питания в России – одна из лучших в мире / Роспотребнадзор. – URL: <https://здоровое-питание.пф/healthy-nutrition/articles/sistema-shkolnogo-pitaniya-v-rossii-odna-iz-luchshikh-v-mire/> (дата обращения: 16.19.2025).

222. Скальный, А. В. Методология оценки эффективности коррекции элементного статуса человека / А. В. Скальный, Р. М. Дубовой, Е. В. Лакарова // Вестник восстановительной медицины. – 2009. – № 1 (29). – С. 36–39.

223. Скальный, А. В. Оценка и коррекция элементного статуса населения – перспективное направление отечественного здравоохранения и экологического мониторинга / А. В. Скальный // Микроэлементы в медицине. – 2018. – Т. 19, № 1. – С. 5–13.

224. Смолянский, Б. Л. Терминологическая трактовка и классификация алиментарных заболеваний / Б. Л. Смолянский // Вопросы питания. – 1989. – № 5. – С. 23–28.

225. Создание глобальной концепции продовольственной безопасности и питания на период до 2030 г. : доклад Группы экспертов высокого уровня по вопросам продовольственной безопасности и питания. – Рим, 2020. – URL: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/36765d6d-2747-4e24-9945-e732f9914c48/content> (дата обращения: 11.10.2025).

226. Сорвачева, Т. Н. Комплексная оценка фактического питания и пищевого статуса детей и подростков / Т. Н. Сорвачева, А. Н. Мартинчик, Е. А. Пырьева. – Москва : ГБОУ ДПО РМАПО, 2014. – 73 с. – ISBN 978-5-7249-2129-9.

227. Стандарты лечебного питания : методические руководства / Минздрав России. – 2017. – URL: <https://apicr.minzdrav.gov.ru/Files/recomend/MP100.PDF> (дата обращения: 16.12.2024).

228. Стратегия повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 г. : утверждена распоряжением Правительства РФ от 29 июня 2016 г. № 1364-р.

229. Тапешкина, Н. В. Актуальные аспекты организации питания дошкольников / Н. В. Тапешкина, Е. В. Коськина, Н. В. Ягнюкова [и др.] // Гигиена и санитария. – 2021. – Т. 100, № 7. – С. 724–729.

230. Тель, Л. З. Нутрициология / Л. З. Тель, Е. Д. Даленов, А. А. Абдулдаева. – Москва : Просвещение, 2022. – 544 с. – ISBN 978-5-1599-7296-6.

231. Терехин, С. П. Проблема неинфекционных алиментарно-зависимых заболеваний в современном мире / С. П. Терехин // Медицина и экология. – 2018. – № 2. – С. 40–48.

232. Технический регламент на масложировую продукцию : технический регламент Таможенного союза ТР ТС 024/2011.

233. Тихомирова, В. А. Инновации в агропромышленном производстве как драйвер повышения устойчивости национальных продовольственных систем / В. А. Тихомирова

// Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экономика. – 2021. – Т. 29, № 4. – С. 773–784.

234. Токарев, П. И. Актуальность создания базы данных жирнокислотного состава и показателей качества подсолнечного масла и семян подсолнечника по сортам и регионам РФ / П. И. Токарев, С. А. Ливинская, Ю. И. Сидоренко // Товаровед продовольственных товаров. – 2024. – № 5. – С. 272–276.

235. Токсикологическая химия / С. А. Апполонова, Е. Ю. Афанасьева, С. А. Еремин [и др.]. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2024. – 832 с. – ISBN 978-5-9704-8235-3.

236. Томкович, А. В. Продовольственная безопасность как элемент устойчивого развития / А. В. Томкович // Балтийский экономический журнал. – 2022. – № 4 (40). – С. 11–21.

237. Торилов, В. Е. Состояние цифровой трансформации сельского хозяйства / В. Е. Торилов, В. А. Погонишев, Д. А. Погонишева, Г. Е. Дорных // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 9. – С. 6–13.

238. Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств : технический регламент Таможенного союза ТР ТС 029/2012.

239. Турченков, С. С. Современные перспективы применения гороха посевного (*Pisum sativum* L.) в качестве лекарственного растительного сырья / С. С. Турченков, Е. Б. Хлебцова, М. Ю. Пучков // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 6-2. – С. 407–410.

240. Тутельян, В. А. Здоровое питание – основа здорового образа жизни и профилактики хронических неинфекционных заболеваний / В. А. Тутельян, Д. Б. Никитюк, Х. Х. Шарафетдинов // Здоровье молодежи: новые вызовы и перспективы : в 5 т. / под ред. Н. Ф. Герасименко [и др.]. – Москва : Научная книга, 2019. – Т. 3. – С. 203–227.

241. Тутельян, В. А. Здоровое питание для общественного здоровья / В. А. Тутельян // Общественное здоровье. – 2021. – Т. 1, № 1. – С. 56–64.

242. Тутельян, В. А. Ключевые проблемы в структуре потребления пищевой продукции и прорывные технологии оптимизации питания для здоровьесбережения населения России / В. А. Тутельян, Д. Б. Никитюк // Вопросы питания. – 2024. – Т. 93, № 1. – С. 6–21.

243. Тутельян, В. А. Медицина будущего: роль искусственного интеллекта в оптимизации питания для здоровьесбережения населения России / В. А. Тутельян, И. Ю. Тармаева, М. А. Каде, Д. Б. Никитюк // Вопросы питания. – 2024. – Т. 93, № 4. – С. 6–13.
244. Тутельян, В. А. Стратегия научного обеспечения реализации государственной политики в области оптимизации питания населения / В. А. Тутельян, Д. Б. Никитюк, И. Ю. Тармаева, А. В. Погожева // Российский вестник гигиены. – 2025. – № 1. – С. 47–52.
245. Тышко, Н. В. Новые источники пищи: от генно-инженерно-модифицированных организмов к расширению биоресурсной базы России / Н. В. Тышко, Э. О. Садыкова, С. И. Шестакова, И. Н. Аксюк // Вопросы питания. – 2020. – Т. 89, № 4. – С. 100–109.
246. Устойчивое здоровое питание: руководящие принципы / ФАО ; ВОЗ. – Рим, 2020. – 44 с. – ISBN 978-92-5-132628-2. – URL: <https://doi.org/10.4060/ca6640ru> (дата обращения: 25.12.2024).
247. Устойчивое развитие агропродовольственного комплекса России: проблемы и перспективы / А. А. Анфиногентова, С. А. Андрющенко, П. П. Великий [и др.]. – Саратов : Саратовский источник, 2024. – 384 с. – ISBN 978-5-605-32416-4.
248. Устойчивые рационы питания для здоровья людей и здоровья планеты : дискуссионный документ / UNSCN. – 2017. – URL: <https://www.unnnutrition.org/sites/default/files/2024-02/UNSCN-Sustainable%20Diets%20paper-RU-WEB.pdf> (дата обращения: 17.07.2025).
249. Ушакова, Н. Ф. Опыт применения СВЧ-энергии при производстве пищевых продуктов / Н. Ф. Ушакова, Т. С. Копысова, В. В. Касаткин, А. Г. Кудряшова // Пищевая промышленность. – 2013. – № 10. – С. 30–32.
250. Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. – URL: <https://www.rospotrebnadzor.ru/> (дата обращения: 17.07.2025).
251. Химический состав и энергетическая ценность пищевых продуктов: справочник МакКанса и Уиддоусона / пер. с англ. под общ. ред. А. К. Батурина. – Санкт-Петербург : Профессия, 2006. – 416 с. – ISBN 5-93913-101-8.
252. Химический состав российских пищевых продуктов : справочник / под ред. В. А. Тутельяна [и др.]. – Москва : ДеЛи, 2024. – 192 с. – ISBN 978-5-6051148-5-7.
253. Химия и обеспечение человечества пищей : пер. с англ. / под ред. Л. Шимилта. – Москва : Мир, 1986. – 616 с.

254. Хицков, И. Ф. Развитие агропродовольственных систем в России в современных условиях / И. Ф. Хицков, Е. А. Зайцева // Научное обозрение: теория и практика. – 2024. – Т. 14, № 11 (111). – С. 2020–2026.

255. Хомич, Л. М. Соки в системе здорового питания: рекомендации по потреблению с учетом данных о химическом составе / Л. М. Хомич, М. В. Копытько // Вопросы питания. – 2022. – Т. 91, № 6 (544). – С. 102–109.

256. Хуршудян, С. А. Качество продукции: проблема обобщенной модели / С. А. Хуршудян, А. Е. Рябова // Контроль качества продукции. – 2021. – № 5. – С. 50–53.

257. Цветовая индикация на маркировке пищевой продукции в целях информирования потребителей : методические рекомендации МР 2.3.0122-18 : утверждены Главным государственным санитарным врачом РФ 28 февраля 2018 г.

258. Цехановская, А. Д. Эпидемиология питания / А. Д. Цехановская, Д. В. Турчанинов // Научный вестник Омского государственного медицинского университета. – 2021. – Т. 1, № 1–2. – С. 148–155.

259. Цифровая нутрициология: применение информационных технологий при разработке и совершенствовании пищевых продуктов / В. А. Тутельян, О. Н. Мусина, М. Г. Балыхин [и др.]. – Москва : МГУПП, 2020. – 378 с. – ISBN 978-5-93957-969-8.

260. Цифровая трансформация пищевой и перерабатывающей промышленности / Л. Ю. Коноваленко, Н. П. Мишуров, И. Г. Голубев [и др.]. – Москва : Росинформагротех, 2020. – 80 с. – ISBN 978-5-7367-1573-2.

261. Черемных, Д. А. Биологическая ценность белка папоротника (*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn) / Д. А. Черемных, Г. А. Губаненко, Е. А. Речкина [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2022. – Т. 52, № 2. – С. 417–425.

262. Швабская, О. Б. Здоровое питание: новые рационы для индивидуального использования / О. Б. Швабская, Н. С. Карамнова, О. В. Измайлова // Рациональная фармакотерапия в кардиологии. – 2020. – Т. 16, № 6. – С. 958–965.

263. Шишкина, Д. И. Современные технологии производства альтернативного молока из растительных продуктов / Д. И. Шишкина, А. И. Штовхун, Е. Э. Клейн, Л. В. Беркетова // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2022. – Т. 84, № 4. – С. 141–148.

264. Штенберг, А. И. Руководство к практическим занятиям по гигиене питания / А. И. Штенберг, Ю. И. Огорокова, К. В. Мухорина. – Москва : Медицина, 1976. – 312 с.

265. Шульдайс, В. А. Многоликость проблем школьной медицины: состояние здоровья и организация питания школьников / В. А. Шульдайс, Г. Р. Сагитова, Е. А. Торопыгина [и др.] // Медицинский совет. – 2022. – Т. 16, № 19. – С. 167–173.
266. Элементный статус населения России : в 5 ч. / под ред. А. В. Скального, М. Ф. Киселева. – Санкт-Петербург : Медкнига ЭЛБИ-СПб, 2011–2014. – ISBN 978-5-91322-017-2.
267. Эрл, М. Разработка пищевых продуктов : пер. с англ. / М. Эрл, Р. Эрл, А. Андерсон. – Санкт-Петербург : Профессия, 2007. – 384 с. – ISBN 5-93913-061-5.
268. Янковская, В. С. Разработка структурированных молочных продуктов с учетом данных о рекламациях и методологии квалиметрии рисков / В. С. Янковская, Н. И. Дунченко, К. В. Михайлова // Техника и технология пищевых производств. – 2022. – Т. 52, № 1. – С. 2–12.
269. A framework for assessing effects of the food system / Institute of medicine and national research council [et al.] ; eds. M. Nesheim, M. Oria, P. T. Yih. – Washington : National academies press, 2015. – ISBN 978-0-309-30780-2. – URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK305181/> (дата обращения: 03.01.2025).
270. Abdurrahman, E. E. M. Digital Twin applications in the food industry: a review / E. E. M. Abdurrahman, G. Ferrari // Frontiers in sustainable food systems. – 2025. – Vol. 9. – URL: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2025.1538375> (дата обращения: 08.05.2025).
271. Abhari, S. A systematic review of nutrition recommendation systems: with focus on technical aspects / S. Abhari, R. Safdari, L. Azadbakht [et al.] // Journal of biomedical physics and engineering. – 2019. – Vol. 9, № 6. – P. 591–602.
272. Aghababaei, F. Electrospun plant protein-based nanofibers in food packaging / F. Aghababaei, D. McClements, M. Martinez, M. Hadidi // Food chemistry. – 2023. – Vol. 432. – Art. 137236.
273. Agregán, R. Opportunities and challenges of egg substitutes / R. Agregán, L. Rötter, J. M. Lorenzo, T. Esatbeyoglu // Discover food. – 2025. – Vol. 5. – Art. 72.
274. Ahmad, M. Plant-based meat alternatives: compositional analysis, current development and challenges / M. Ahmad, S. Qureshi, M. H. Akbar [et al.] // Applied food research. – 2022. – Vol. 2, № 2. – Art. 100154.

275. Ahmed, J. Microwave pasteurization and sterilization of foods / J. Ahmed, H. S. Ramaswamy // Handbook of food preservation / ed. M. S. Rahman. – 3rd ed. – Boca Raton : CRC Press, 2020. – P. 713–732.

276. Analysis on the application and approval of new food raw materials (novel food) in 2023 / CIRS. – URL: <https://www.cirs-group.com/en/food/analysis-on-the-application-and-approval-of-new-food-raw-materials-novel-food-in-2023> (дата обращения: 17.07.2025).

277. Annor, G. A. Crops – legumes / G. A. Annor, Z. Ma, J. I. Boye // Food processing: principles and applications / eds. S. Clark [et al.]. – 2nd ed. – London : Wiley-Blackwell, 2014. – P. 305–337.

278. Aramouni, F. Methods for developing new food products: an instructional guide / F. Aramouni, K. Deschenes. – Lancaster : DEStech, 2015. – 410 p. – ISBN 978-1-60595-112-6.

279. Arun, S. Prospects of novel foods as complete Human Nutrition / S. Arun, T. Dattaroy, B. Soni, S. Dasgupta // Journal of food science and nutrition research. – 2021. – Vol. 4. – P. 175–180.

280. Atoloye, A. T. Effectiveness of expanded food and nutrition education program in changing nutrition-related outcomes among adults with low income: a systematic review / A. T. Atoloye, M. R. Savoie-Roskos, P. M. Guenther, C. M. Durward // Journal of nutrition education and behavior. – 2021. – Vol. 53, № 8. – P. 691–705.

281. Australia New Zealand Food Standards Code – Standard 1.2.7 – Nutrition, Health and Related Claims (F2015C00967) / Australian Government. – URL: <https://www.com-law.gov.au/Details/F2015C00967> (дата обращения: 16.12.2024).

282. Australian Dietary Guidelines Eat for Health. – URL: <https://nutritionaustralia.org/app/uploads/2021/04/NA-Qld-FSS-The-Australian-Guide-to-Healthy-Eating-A-Teachers-Guide.pdf> (дата обращения: 16.08.2025).

283. AVIS de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail / Anses. – 2019. – URL: <https://www.anses.fr/fr/system/files/NUT2017SA0145.pdf> (дата обращения: 16.08.2025).

284. Baer-Nawrocka, A. Food security and food self-sufficiency around the world: a typology of countries / A. Baer-Nawrocka, A. Sadowski // PLoS ONE. – 2019. – Vol. 14. – Art. e0213448.

285. Barr, S. Introduction to dietary reference intakes / S. Barr // Applied physiology, nutrition, and metabolism = Physiologie appliquée, nutrition et métabolisme. – 2006. – Vol. 31, № 1. – P. 61–65.

286. Barrett, E. M. Food Compass 2.0 is an improved nutrient profiling system to characterize healthfulness of foods and beverages / E. M. Barrett, P. Shi, J. B. Blumberg [et al.] // Nature food. – 2024. – Vol. 5. – P. 911–915.

287. Baune, M. C. Textured vegetable proteins (TVP): future foods standing on their merits as meat alternatives / M. C. Baune, N. Terjung, M. Tulbek, F. Boukid // Future foods. – 2022. – Vol. 6, № 3. – Art. 100181.

288. Bean, M. Profiling alternative food system supporters: the personal and social basis of local and organic food support / M. Bean, J. S. Sharp // Renewable agriculture and food systems. – 2011. – Vol. 26. – P. 243–254.

289. Behera, B. K. Healthcare strategies and planning for social inclusion and development, vol. 2: Social, economic, and health disparities of rural women / B. K. Behera, R. Prasad, S. Behera. – Amsterdam : Academic Press, 2022. – 208 p. – ISBN 978-0-323-90447-6.

290. Belova, K. Enrichment of 3D-printed *k*-carrageenan food gel with callus tissue of narrow-leaved lupin *Lupinus angustifolius* / K. Belova, E. Dushina, S. Popov [et al.] // Gels. – 2023. – Vol. 9, № 1. – Art. 45.

291. Benner, M. The chain information model: a systematic approach for food product development : PhD thesis / M. Benner. – Wageningen, 2005. – URL: <https://edepot.wur.nl/121698> (дата обращения: 28.07.2025).

292. Bhushani, A. Electrospinning and electrospraying techniques: potential food based applications / A. Bhushani, A. Chinnaswamy // Trends in food science and technology. – 2014. – Vol. 38, № 1. – P. 21–33.

293. Bielefeld, D. The changing landscape of legume products available in Australian supermarkets / D. Bielefeld, J. Hughes, S. Grafenauer // Nutrients. – 2021. – Vol. 13, № 9. – Art. 3226.

294. BIOPEP-UWM Database of Bioactive Peptides. – URL: <http://www.uwm.edu.pl/biochemia/index.php/pl/bioper> (дата обращения: 16.08.2025).

295. Boukid, F. Vegan egg: a future-proof food ingredient? / F. Boukid, M. Gagaoua // Foods. – 2022. – Vol. 11, № 2. – Art. 161.

296. Brummer, Y. Structural and functional characteristics of dietary fibre in beans, lentils, peas and chickpeas / Y. Brummer, M. Kaviani, S. M. Tosh // Food research international. – 2015. – Vol. 67. – P. 117–125.
297. Bychkov, A. L. Fractionation and hydrolysis of proteins of plant raw materials obtaining functional nutrition products / A. L. Bychkov, K. V. Gavrilova, E. S. Bychkova [et al.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2019. – Vol. 479. – Art. 012001.
298. Bychkova, E. The problems and prospects of developing food products from high-protein raw materials / E. Bychkova, L. Rozhdestvenskaya, E. Podgorbunskikh, P. Kudachyova // Food bioscience. – 2023. – Vol. 56. – Art. 103286.
299. Calabrese, M. G. Novel foods: new food sources / M. G. Calabrese, P. Ferranti // Encyclopedia of food security and sustainability, vol. 1 / ed. P. Ferranti [et al.]. – Amsterdam : Elsevier, 2019. – P. 271–275.
300. Cámara, M. Food-based dietary guidelines around the world: a comparative analysis to update AESAN Scientific Committee dietary recommendations / M. Cámara, R. Giner, E. González-Fandos [et al.] // Nutrients. – 2021. – Vol. 13. – Art. 3131.
301. Carbone, A. Foods and places: comparing different supply chains / A. Carbone // Agriculture. – 2018. – Vol. 8. – Art. 6.
302. Cell-based food and precision fermentation – products, safety and the future role : stakeholder roundtable meeting report, Shanghai, China, 6 November 2023. – Rome : FAO, 2024. – URL: <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/cc4855en> (дата обращения: 03.01.2025).
303. CFS: Key Concepts. – URL: <https://www.fao.org/cfs/vgfsn/key-concepts/en/> (дата обращения: 16.08.2025).
304. Chandrasekaran, S. Microwave food processing. A review / S. Chandrasekaran, S. Ramanathan, T. Basak // Food research international. – 2013. – Vol. 52, № 1. – P. 243–261.
305. Chen, H. Z. Enzymatic hydrolysis of lignocellulosic biomass from low to high solids loading / H. Z. Chen, Z. H. Liu // Engineering in life sciences. – 2016. – Vol. 17, № 5. – P. 489–499.
306. Chew, L. Y. Application of proteases for the production of bioactive peptides / L. Y. Chew, G. T. Toh, A. Ismail // Enzymes in food biotechnology: production, applications, and future prospects / ed. M. Kuddus. – Amsterdam : Academic Press, 2019. – P. 247–261.

307. Clemente, A. Introduction to the special issue: legumes as food ingredient: characterization, processing, and applications / A. Clemente, J. C. Jimenez-Lopez // *Foods*. – 2020. – Vol. 9, № 11. – Art. 1525.

308. Climate change and noncommunicable diseases: connections / WHO. – URL: <https://www.who.int/news/item/02-11-2023-climate-change-and-noncommunicable-diseases-connections> (дата обращения: 16.08.2025).

309. Components and scoring standards for the HEI-2020 and HEI-Toddlers-2020 / WHO. – URL: https://www.nccor.org/wp-content/uploads/2023/08/NCCOR_HEI-fact-sheet_v5-2023.Edited.pdf (дата обращения: 18.05.2025).

310. Concepts to redress the nutritional balance: nutrient-dense foods for optimal nutrition / DSM. – 2017. – URL: https://www.dsm.com/content/dam/dsm/human-nutrition/pdfs/Whitepaper_Nutrient-energy-density_LR.pdf (дата обращения: 25.12.2024).

311. COP26 Health Programme. Overview of initiatives and commitments on climate change and health. – 2020. – URL: <https://www.who.int/publications/m/item/cop26-health-programme> (дата обращения: 19.02.2025).

312. Corella, D. Biomarkers: background, classification and guidelines for applications in nutritional epidemiology / D. Corella // *Nutricion hospitalaria*. – 2015. – Vol. 31, № 3. – P. 177–188.

313. Cowbrough, K. Nutrition at work: nutrition interventions in workplace health programmes: a literature review / K. Cowbrough, E. Gardner // *Occupational health at work*. – 2016. – Vol. 13. – P. 30–36.

314. Darmon, N. A nutrient density standard for vegetables and fruits: nutrients per calorie and nutrients per unit cost / N. Darmon, M. Darmon, M. Maillot, A. Drewnowski // *Journal of the American dietetic association*. – 2006. – Vol. 105. – P. 1881–1887.

315. Di Martino, M. Food safety in personalized nutrition – a focus on food supplements and functional foods / M. Di Martino. – Rome : FAO, 2025. – ISBN 978-92-5-139611-7. – URL: <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/cd4280en> (дата обращения: 03.01.2025).

316. Dietary protein quality assessment in human nutrition : report of an FAO Expert Consultation (March 31 – April 2, 2011). – Auckland, 2013. – 68 p. – URL: <http://www.fao.org/3/a-i3124e.pdf> (дата обращения: 05.07.2024).

317. Dietary reference intakes for vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium, and zinc / Panel on mi-

cronutrients. – Washington : National Academy Press, 2021. – 800 p. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25057538/> (дата обращения: 25.12.2024).

318. Dome, K. On the applicability of electrophoresis for protein quantification / K. Dome, Z. Akimenko, A. Bychkov [et al.] // *Polymers*. – 2021. – Vol. 13. – Art. 3971.

319. Downs, S. Editorial: measuring diets and food choice in the context of a changing world / S. Downs, W. Bell, C. Blake // *Frontiers in nutrition*. – 2025. – Vol. 12. – URL: <https://doi.org/10.3389/fnut.2025.1571706> (дата обращения: 13.08.2025).

320. Downs, S. M. Food environment typology: advancing an expanded definition, framework, and methodological approach for improved characterization of wild, cultivated, and built food environments toward sustainable diets / S. M. Downs, S. Ahmed, J. Fanzo, A. Herforth // *Foods (Basel, Switzerland)*. – 2020. – Vol. 9. – Art. 532.

321. Drewnowski, A. A proposed nutrient density score that includes food groups and nutrients to better align with dietary guidance / A. Drewnowski, J. Dwyer, J. C. King, C. M. Weaver // *Nutrition reviews*. – 2019. – Vol. 77, № 6. – P. 404–416.

322. Drewnowski, A. Defining nutrient density: development and validation of the nutrient rich foods index / A. Drewnowski // *Journal of the American college of nutrition*. – 2009. – Vol. 28, № 4. – P. 421–426.

323. Duncan, E. Connecting the food and agriculture sector to nutrition interventions for improved health outcomes / E. Duncan, L. Ashton, A. R. Abdulai [et al.] // *Food security*. – 2022. – Vol. 14, № 3. – P. 657–675.

324. EAT-Lancet Summary Report. – URL: <https://eatforum.org/eat-lancet/summary-report/> (дата обращения: 08.05.2025).

325. Eating and activity guidelines for New Zealand adults / Ministry of Health. – Wellington, 2015. – URL: https://extranet.who.int/ncdccs/Data/NZL_B14_eating-activity-guidelines-for-new-zealand-adults-oct15_0.pdf (дата обращения: 16.08.2025).

326. EFAD Position paper on sustainable dietary patterns / European federation of the associations of dietitians ; M. Moñino, A. Misir, K. Belogianni [et al.] // *Kompass nutrition and dietetics*. – 2021. – Vol. 1, № 3. – P. 118–119.

327. Encyclopedia of food security and sustainability / eds. P. Ferranti, E. Berry, A. Jock. – Amsterdam : Elsevier, 2018. – 1984 p. – ISBN 978-0-12-812687-5.

328. Ericksen, P. Global environmental change and food security / P. Ericksen // *Global change newsletter*. – 2008. – Vol. 71. – P. 10–16.

329. Ericksen, P. J. Conceptualizing food systems for global environmental change research / P. J. Ericksen // *Global environmental change*. – 2008. – Vol. 18. – P. 234–245.

330. Etzbach, L. Opportunities and challenges of plant proteins as functional ingredients for food production / L. Etzbach, S. Gola, F. Küllmer [et al.] // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*. – 2024. – Vol. 121, № 50. – URL: <https://doi.org/10.1073/pnas.2319019121> (дата обращения: 08.05.2025).

331. Fanzo, J. Sustainable food systems and nutrition in the 21st century: a report from the 22nd annual Harvard Nutrition Obesity Symposium / J. Fanzo, C. Rudie, I. Sigman [et al.] // *The American journal of clinical nutrition*. – 2022. – Vol. 115, № 1. – P. 18–33.

332. Fanzo, J. The food systems dashboard is a new tool to inform better food policy / J. Fanzo, L. Haddad, R. McLaren [et al.] // *Nature food*. – 2020. – Vol. 1, № 5. – P. 243–246.

333. FAOSTAT. Food and agriculture data. – URL: <https://www.fao.org/faostat/en/#home> (дата обращения: 07.12.2024).

334. Fardet, A. Ultra-processed foods and food system sustainability: what are the links? / A. Fardet, E. Rock // *Sustainability*. – 2020. – Vol. 12. – Art. 6280.

335. Ferguson, E. L. Food-based dietary guidelines can be developed and tested using linear programming analysis / E. L. Ferguson, N. Darmon, A. Briend, I. M. Premachandra // *Journal of nutrition*. – 2004. – Vol. 134, № 4. – P. 951–957.

336. Fineli. – URL: <https://fineli.fi/fineli/en/tietoa-palvelusta> (дата обращения: 10.10.2025).

337. Food and Agricultural Import Regulations and Standards Country Report. – URL: https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Food+and+Agricultural+Import+Regulations+and+Standards+Country+Report_Moscow_Russian+Federation_06-30-2021.pdf (дата обращения: 08.05.2025).

338. Food and Agriculture Organization (FAO) / United Nations global marketplace. – URL: <https://www.ungm.org/Shared/KnowledgeCenter/Pages/FAO> (дата обращения: 07.12.2024).

339. Food Balance Sheet. – URL: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/FBS> (дата обращения: 12.08.2025).

340. Food regulatory bodies, standards, and authorities: Russia / SGS Digicomply Food Safety Software. – URL: <https://www.digicomply.com/food-regulatory-bodies-standards-and-authorities/russia> (дата обращения: 16.08.2025).

341. Food safety aspects of cell-based food / FAO ; WHO. – Rome, 2023. – ISBN 978-92-5-137723-9. – URL: <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/cd0311en> (дата обращения: 03.01.2025).
342. Food Standards Australia New Zealand. – URL: <http://www.foodstandards.gov.au/consumerinformation> (дата обращения: 10.10.2025).
343. Food systems at risk. New trends and challenges / eds. S. Dury, P. Bendjebbar, E. Hainzelin, N. Bricas ; FAO ; CIRAD ; European commission. – Rome [et al.] : FAO [et al.], 2019. – URL: <https://hal.science/hal-03936375v1> (дата обращения: 03.01.2025).
344. Food systems hold key to ending world hunger / UNEP. – URL: <https://www.unep.org/news-and-stories/story/food-systems-hold-key-ending-world-hunger> (дата обращения: 16.12.2021).
345. Food-based dietary guidelines. – URL: <https://www.fao.org/nutrition/education/food-dietary-guidelines> (дата обращения: 16.08.2025).
346. FoodData Central / U.S. Department of agriculture. – URL: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/> (дата обращения: 16.10.2025).
347. Frida Dataset. – URL: <https://frida.fooddata.dk/data?lang=en> (дата обращения: 10.10.2025).
348. FSNAU Food Security Analysis System (FSNAS). – URL: <https://fsnau.org/analytical-approach/fsnau-food-security-analysis-system-fsnas> (дата обращения: 07.12.2024).
349. García Arteaga, V. Sensory profile, functional properties and molecular weight distribution of fermented pea protein isolate / V. García Arteaga, S. Leffler, I. Muranyi [et al.] // Current research in food science. – 2020. – Vol. 4. – P. 1–10.
350. Garnett, T. Food sustainability: problems, perspectives and solutions / T. Garnett // Proceedings of the Nutrition society. – 2013. – Vol. 72, № 1. – P. 29–39.
351. Ge, J. The health benefits, functional properties, modifications, and applications of pea (*Pisum sativum* L.) protein: current status, challenges, and perspectives / J. Ge, C. Sun, H. Corke [et al.] // Comprehensive reviews in food science and food safety. – 2020. – Vol. 19, № 4. – P. 1835–1876.
352. Genetically modified foods and other novel foods. Factsheets and frequently asked questions / Health Canada. – 2003. – URL: <http://www.hc-sc.gc.ca/fn-an/gmf-agm/appro/index-eng.php> (дата обращения: 28.03.2021).

353. Gharibzahedi, S. M. T. Bioactive and health-promoting properties of enzymatic hydrolysates of legume proteins: a review / S. M. T. Gharibzahedi, B. Smith, Z. Altintas // *Critical reviews in food science and nutrition*. – 2024. – Vol. 64, № 9. – P. 2548–2578.

354. Global database on the Implementation of Food and Nutrition Action (GIFNA). – URL: <https://gifna.who.int> (дата обращения: 07.12.2024).

355. Global plant protein market: growth trends, business opportunities and future outlook to 2029. – URL: <https://www.marketresearch.com/ConsumerIntel360-v4169/Global-Plant-Protein-Growth-Trends-40737822/> (дата обращения: 02.09.2025).

356. Globalization, diets and noncommunicable diseases / WHO. – Geneva, 2002. – URL: <https://iris.who.int/server/api/core/bitstreams/a430b71a-209c-4815-a97e-b47142e4011b/content> (дата обращения: 16.08.2025).

357. Gonzalez, C. Plate, pyramids and planets: developments in national healthy and sustainable dietary guidelines: a state of play assessment / C. Gonzalez, T. Garnett. – Rome : FAO, 2016. – ISBN 978-92-5-109222-4. – URL: <https://openknowledge.fao.org/items/595e78d8-1069-49fb-85bb-174e47b4e137> (дата обращения: 21.12.2024).

358. Good Food Cities Declaration / EAT–Lancet Commission on Food, Planet, Health. – Oslo, 2019. – URL: <https://eatforum.org/learn-and-discover/c40good-food-cities-declaration/> (дата обращения: 11.11.2020).

359. Granato, D. The use and importance of design of experiments (DOE) in process modelling in food science and technology / D. Granato, V. Calado // *Mathematical and statistical methods in food science and technology* / ed. G. Ares. – New York : John Wiley & Sons, 2013. – P. 1–18.

360. Greenberg, D. A progressive nutrient profiling system to guide improvements in nutrient density of foods and beverages / D. Greenberg, A. Drewnowski, R. Black [et al.] // *Frontiers in nutrition*. – 2021. – Vol. 8. – Art. 774409.

361. Guo, Q. Microwave processing techniques and their recent applications in the food industry / Q. Guo, D. W. Sun, J. H. Cheng, Z. Han // *Trends in food science and technology*. – 2017. – Vol. 67. – P. 236–247.

362. Haile, H. A reflection on the CFS (Committee on World Food Security) Voluntary Guidelines on Food Systems and Nutrition in advance of the United Nations Food Security Summit / H. Haile, E. Ventura, A. Naksho // *World nutrition journal*. – 2021. – Vol. 12. – P. 25–29.

363. Hawkes, C. Value chains for nutrition / C. Hawkes, M. T. Ruel // Reshaping agriculture for nutrition and health / eds. S. Fan, R. Pandya-Lorch. – Washington : IFPRI, 2012. – P. 73–82.

364. Healthy diet / WHO. – URL: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/healthy-diet> (дата обращения: 16.08.2025).

365. Healthy diet: factsheet 394 / WHO. – 2018. – <https://www.who.int/publications/m/item/healthy-diet-factsheet394> (дата обращения: 02.10.2025).

366. Hemrich, G. The role of food systems in shaping diets and addressing malnutrition: delivering on the sustainable development agenda / G. Hemrich // World review of nutrition and dietetics. – 2020. – Vol. 121. – P. 116–126.

367. Heredia-Leza, G. L. Impact of hydrolysis, acetylation or succinylation on functional properties of plant-based proteins: patents, regulations, and future trends / G. L. Heredia-Leza, L. M. Martínez, C. Chuck-Hernandez // Processes. – 2022. – Vol. 10, № 2. – Art. 283.

368. Horvat, A. A systems approach to dynamic performance assessment in new food product development / A. Horvat, B. Behdani, V. Fogliano, P. A. Luning // Trends in food science and technology. – 2019. – Vol. 91. – P. 330–338.

369. How to Feed the World in 2050 / FAO. – URL: https://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/expert_paper/How_to_Feed_the_World_in_2050.pdf (дата обращения: 16.08.2025).

370. Hu, F. B. Dietary pattern analysis: a new direction in nutritional epidemiology / F. B. Hu // Current opinion in lipidology. – 2002. – Vol. 13, № 1. – P. 3–9.

371. Human vitamin and mineral requirements / WHO & FAO. – Rome, 2002. – URL: <https://www.fao.org/4/y2809e/y2809e00.pdf> (дата обращения: 16.08.2025).

372. İçyer, N. Experimental design and programming solutions for food engineering / N. İçyer, Z. Topalcengiz // Programming solutions for engineering problems / eds. A. Akbaş [et al.]. – Ankara : Nobel Akademik Yayıncılık, 2021. – P. 167–184.

373. Implementing school food and nutrition policies: a review of contextual factors / WHO. – Geneva, 2021. – URL: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240035072> (дата обращения: 16.08.2025).

374. Indian food composition tables / T. Longvah, R. Ananthan, K. Bhaskarachary, K. Venkaiah. – Hyderabad : National institute of nutrition, 2017. – ISBN 978-93-5267-677-4. – URL: <https://www.nin.res.in/ebooks/IFCT2017.pdf> (дата обращения: 16.08.2025).

375. International network of food data systems (INFOODS). FAO/INFOODS Food composition databases. – URL: <https://www.fao.org/infoods/infoods/tables-and-databases/faoinfoods-databases/en/> (дата обращения: 07.12.2024).

376. Islam, S. M. Non-communicable diseases (NCDs) in developing countries: a symposium report / S. M. Islam, T. D. Purnat, N. T. Phuong [et al.] // *Globalization and health*. – 2014. – Vol. 10. – Art. 81.

377. Japanese food guide spinning top / Ministry of health, labour and welfare of Japan. – URL: <https://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/pdf/eiyou-syokuji5.pdf> (дата обращения: 17.07.2025).

378. Jarpa-Parra, M. Lentil protein: a review of functional properties and food application. An overview of lentil protein functionality / M. Jarpa-Parra // *International journal of food science and technology*. – 2017. – Vol. 53. – P. 892–903.

379. Kaiser, A. A systematic review of the association between vegan diets and risk of cardiovascular disease / A. Kaiser, K. R. van Daalen, A. Tayyil [et al.] // *Journal of nutrition*. – 2021. – Vol. 151, № 6. – P. 1539–1552.

380. Karin, B. M. Nutritional epidemiology – past, present, future / B. M. Karin // *International journal of epidemiology*. – 2003. – Vol. 32, № 4. – P. 486–488.

381. Kennedy, P. L. Food security and food storage / P. L. Kennedy, A. Schmitz, G. van Kooten // *Encyclopedia of food security and sustainability*, vol. 2 / eds. P. Ferranti [et al.]. – Amsterdam : Elsevier, 2019. – P. 433–443.

382. Laemmli, U. K. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4 / U. K. Laemmli // *Nature*. – 1970. – Vol. 227, № 5259. – P. 680–685.

383. Lam, A. C. Y. Pea protein isolates: structure, extraction, and functionality / A. C. Y. Lam, A. Can Karaca, R. T. Tyler [et al.] // *Food reviews international*. – 2018. – Vol. 34, № 2. – P. 126–147.

384. Legume-based dairy substitute and consumable food products incorporating same : WO2016172570A1. – <https://patents.google.com/patent/WO2016172570A1/en> (дата обращения: 28.03.2025).

385. Lisciani, S. Legumes and common beans in sustainable diets: nutritional quality, environmental benefits, spread and use in food preparations / S. Lisciani, S. Marconi, C. Le Donne [et al.] // *Frontiers in nutrition*. – 2024. – Vol. 11. – Art. 1385232.

386. Lomovsky, O. Mechanical pretreatment / O. Lomovsky, A. Bychkov, I. Lomovsky // Biomass fractionation technologies for a lignocellulosic feedstock based biorefinery / ed. S. I. Mussatto. – Amsterdam : Elsevier, 2016. – P. 23–55.
387. Lomovsky, O. I. Contemporary food engineering series / O. I. Lomovsky, I. O. Lomovsky // Enhancing extraction processes in the food industry / ed. N. Lebovka [et al.]. – Boca Raton : CRS Press, 2012. – P. 361–398.
388. Lopez-Ridaura, S. Climate smart agriculture, farm household typologies and food security: an ex-ante assessment from Eastern India / S. Lopez-Ridaura, R. Frelat, M. T. van Wijk [et al.] // Agricultural systems. – 2018. – Vol. 159. – P. 57–68.
389. Lunze, K. Food security and nutrition in the Russian Federation – a health policy analysis / K. Lunze, E. Yurasova, B. Idrisov [et al.] // Global health action. – 2015. – Vol. 8. – Art. 27537.
390. Luzzatto, L. Diagnosis and clinical management of enzymopathies / L. Luzzatto // Hematology. American Society of Hematology. Education Program. – 2021. – Vol. 2021, № 1. – P. 341–352.
391. Madzorera, I. Food systems as drivers of optimal nutrition and health: complexities and opportunities for research and implementation / I. Madzorera, L. Jaacks, R. Paarlberg [et al.] // Current developments in nutrition. – 2021. – Vol. 5, suppl. 3. – P. 2475–2991.
392. Makri, E. Study of functional properties of seed storage proteins from indigenous European legume crops (lupin, pea, broad bean) in admixture with polysaccharides / E. Makri, E. Papalamprou, G. Doxastakis // Food hydrocolloids. – 2005. – Vol. 19. – P. 583–594.
393. Mefleh, M. Legume-based dairy substitutes: from traditional food to recent findings / M. Mefleh, C. Summo, M. Faccia [et al.] // Sustainable food science – a comprehensive approach / ed. P. Ferranti. – Amsterdam : Elsevier, 2023. – P. 302–314.
394. Menon, P. Strengthening implementation and utilization of nutrition interventions through research: a framework and research agenda / P. Menon, N. Covic, P. Harrigan [et al.] // Annals of the New York Academy of Sciences. – 2014. – Vol. 1332. – P. 39–59.
395. Miele, M. J. From field to plate: 50 years of plant-based food production and emerging risks to planetary and women's health / M. J. Miele, P. Pereira Coltri, C. Ferreira Soares [et al.] // Frontiers in nutrition. – 2025. – Vol. 12. – Art. 1619844.

396. Miller, G. D. Perspective: seeing the forest through the trees: the importance of food matrix in diet quality and human health / G. D. Miller, J. Ragalie-Carr, M. Torres-Gonzalez // *Advances in nutrition*. – 2023. – Vol. 14, № 3. – Art. 363.

397. Miranda, C. G. Lentil protein: impact of different extraction methods on structural and functional properties / C. G. Miranda, P. Speranza, L. E. Kurozawa, A. C. Kawazoe Sato // *Heliyon*. – 2022. – Vol. 8, № 11. – Art. e11775.

398. Mithril, C. Guidelines for the New Nordic Diet / C. Mithril, L. Dragsted, C. Meyer [et al.] // *Public health nutrition*. – 2012. – Vol. 15. – P. 1941–1947.

399. Mitry, P. Usual dietary intake estimation based on a combination of repeated 24-h food lists and a food frequency questionnaire in the KORA FF4 cross-sectional study / P. Mitry // *Frontiers in nutrition*. – 2019. – Vol. 6. – Art. 145.

400. Modenbach, A. A. Enzymatic hydrolysis of biomass at high-solids loadings – a review / A. A. Modenbach, S. E. Nokes // *Biomass bioenergy*. – 2013. – Vol. 56. – P. 526–544.

401. Möller, N. Functional properties of legumes important for food applications: a study of pea, fava bean, and soy protein / N. Möller. – Uppsala, 2021. – URL: <https://stud.epsilon.slu.se/16824/> (дата обращения: 28.03.2025).

402. Nelson, M. E. Alignment of healthy dietary patterns and environmental sustainability: a systematic review / M. E. Nelson, M. W. Hamm, F. B. Hu [et al.] // *Advances in nutrition*. – 2016. – Vol. 7, № 6. – P. 1005–1025.

403. Neufeld, L. M. Food systems interventions for nutrition: lessons from 6 program evaluations in Africa and South Asia / L. M. Neufeld, S. Nordhagen, J. L. Leroy [et al.] // *Journal of nutrition*. – 2024. – Vol. 154, № 6. – P. 1727–1738.

404. Nguyen, H. Sustainable food systems: concept and framework / H. Nguyen. – Rome : FAO, 2018. – URL: <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/ca2079en> (дата обращения: 28.03.2025).

405. Nicklas, T. A. The nutrient density approach to healthy eating: challenges and opportunities / T. A. Nicklas, A. Drewnowski, C. E. O’Neil // *Public health nutrition*. – 2014. – Vol. 17, № 12. – P. 2626–2636.

406. Nigam, S. Trends in legume production and future outlook / S. Nigam, S. Chaudhari, D. Charyulu [et al.] // *Genetic enhancement in major food legumes* / eds. K. B. Saxena [et al.]. – Cham : Springer, 2021. – P. 7–48.

407. Nikitina, M. Personalized nutrition and “digital twins” of food / M. Nikitina, I. Chernukha // *Potravinarstvo: Slovak journal of food sciences*. – 2020. – Vol. 14. – P. 264–270.

408. Nikitina, M. A. Principal approaches to design and optimization of a diet for targeted consumer groups / M. A. Nikitina, I. M. Chernukha, D. E. Nurmukhanbetova // *News of the National academy of Science Republic of Kazakhstan. Series of geology and technical sciences*. – 2019. – Vol. 1, № 433. – P. 231–241.

409. Noce, A. Dietary intake and chronic disease prevention / A. Noce, A. Romani, R. Bernini // *Nutrients*. – 2021. – Vol. 13, № 4. – Art. 1358.

410. Noncommunicable diseases / WHO. – URL: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/noncommunicable-diseases/> (дата обращения: 17.07.2025).

411. Nutri-Score scientific and technical questions and answers / Santé publique France. – 2018. – URL: <https://www.santepubliquefrance.fr/Santepublique-France/Nutri-Score> (дата обращения: 16.12.2024).

412. Nutrition and food safety: databases / WHO. – URL: <https://www.who.int/teams/nutrition-and-food-safety/databases> (дата обращения: 07.12.2024).

413. Nutrition and food systems : a report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition. – Rome, 2017. – URL: https://www.fao.org/fileadmin/user_upload/hlpe/hlpe_documents/HLPE_Reports/HLPE-Report-12_EN.pdf (дата обращения: 14.12.2024).

414. Nutrition and social protection / FAO. – Rome, 2015. – ISBN 978-92-5-108831-9. – URL: <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/i4819e> (дата обращения: 14.12.2024).

415. Nutrition landscape information system (NLiS). – URL: <https://www.who.int/teams/nutrition-and-food-safety/databases/nutrition-landscape-information-system> (дата обращения: 07.12.2024).

416. Nutrition requirements / British nutrition foundation. – 2021. – URL: <https://www.nutrition.org.uk/media/nmmewdug/nutrition-requirements.pdf> (дата обращения: 17.07.2025).

417. Odelli, D. Interaction between fish skin gelatin and pea protein at air-water interface after ultrasound treatment / D. Odelli, K. Sarigiannidou, A. Soliani [et al.] // *Foods*. – 2022. – Vol. 11, № 5. – Art. 659.

418. Oganesyants, L. Multi-criteria food products identification by fuzzy logic methods / L. Oganesyants // *Foods and raw materials*. – 2020. – Vol. 8, № 1. – P. 12–19.

419. One health / WHO. – URL: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/one-health> (дата обращения: 28.03.2025).

420. Open Food Facts. – URL: <https://ru.openfoodfacts.org> (дата обращения: 17.07.2025).

421. Orsat, V. Microwave technology for food processing: an overview of current and future applications / V. Orsat, G. S. V. Raghavan, K. Krishnaswamy // The microwave processing of foods / ed. M. Regier [et al.]. – 2nd ed. – Amsterdam : Elsevier, 2017. – P. 105–118.

422. Overview on dietary reference values for the EU population as derived by the EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA). – URL: https://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/assets/DRV_Summary_tables_jan_17.pdf (дата обращения: 03.01.2025).

423. Pan American Health Organization Nutrient Profile Model. – 2016. – URL: <https://www.who.int/publications/i/item/9789275118733> (дата обращения: 17.07.2025).

424. Peters, C. Using models to study food systems / C. Peters, D. Thilmany // Food systems modelling / eds. C. Peters, D. Thilmany. – Amsterdam : Academic Press, 2022. – P. 1–12.

425. Plant-based diets and their impact on health, sustainability and the environment: a review of the evidence / WHO European Office for the Prevention and Control of Noncommunicable Diseases. – Copenhagen, 2021. – URL: <https://www.who.int/europe/publications/i/item/WHO-EURO-2021-4007-43766-61591> (дата обращения: 05.08.2025).

426. Plant-based egg substitute compositions : WO2017014967 : publ. 26.01.2027. – URL: <https://patentscope.wipo.int/search/en/detail.jsf?docId=WO2017014967> (дата обращения: 25.06.2025).

427. Plant-based food products, precision fermentation and 3D food printing : Food Safety Foresight Technical Meeting Report, 13–17 November 2023. – Rome : FAO, 2024. – URL: <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/cd2430en> (дата обращения: 03.01.2025).

428. Plant-based meat: Anticipating 2030 production requirements / The Good Food Institute. – 2022. – URL: <https://gfi.org/resource/anticipating-plant-based-meat-production-requirements-2030/> (дата обращения: 05.08.2025).

429. Posthumus, H. The food systems decision-support toolbox / H. Posthumus, J. Bosse-laar, H. Brouwer. – URL: <https://www.kit.nl/wp-content/uploads/2021/02/WUR-KIT-2021-FoodSystemDecisionSupportToolbox.pdf> (дата обращения: 28.07.2025).

430. Poti, J. M. Is the degree of food processing and convenience linked with the nutritional quality of foods purchased by US households? / J. M. Poti, M. A. Mendez, S. W. Ng, B. M. Popkin // *American journal of clinical nutrition*. – 2015. – Vol. 101, № 6. – P. 1251–1262.
431. Preparation and use of food-based dietary guidelines : report of a Joint FAO/WHO Consultation. – Geneva : WHO, 1998. – 108 p. – ISBN 92-4-120880-5.
432. Purlis, E. Digital twin methodology in food processing: basic concepts and applications / E. Purlis // *Current nutrition reports*. – 2024. – Vol. 13. – P. 914–920.
433. Regier, M. Introducing microwave-assisted processing of food: fundamentals of the technology / M. Regier, K. Knoerzer, H. Schubert // *The microwave processing of foods* / ed. M. Regier [et al.]. – 2nd ed. – Amsterdam : Elsevier, 2017. – P. 1–22.
434. Regulation (EC) no. 258/97 of the European Parliament and of the Council of 27 January 1997 concerning novel foods and novel food ingredients. – URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/1997/258/oj/eng> (дата обращения: 21.08.2025).
435. Ridoutt, B. An alternative nutrient rich food index (NRF-ai) incorporating prevalence of inadequate and excessive nutrient intake / B. Ridoutt // *Foods*. – 2021. – Vol. 10, № 12. – Art. 3156.
436. Rodriguez, N. Effective translation of current dietary guidance: understanding and communicating the concepts of minimal and optimal levels of dietary protein / N. Rodriguez, S. Miller // *American journal of clinical nutrition*. – 2015. – Vol. 101, № 6. – P. 1353–1358.
437. Rome Declaration on Nutrition : accepted at the Second International Conference on Nutrition Rome, 19–21 November 2014. – URL: <https://cdn.who.int/media/docs/default-source/nutritionlibrary/events/fao-who-second-international-conference-on-nutrition-%28icn2%29/romedeclarationonnutrition.pdf> (дата обращения: 21.08.2025).
438. Rosmiati, R. Workplace nutrition interventions: a systematic review of their effectiveness / R. Rosmiati, N. R. Haryana, H. Firmansyah, M. E. Fransiari // *Media Publikasi Promosi Kesehatan Indonesia (MPPKI)*. – 2025. – Vol. 8. – P. 151–166.
439. Rozhdestvenskaya, L. Use of nexus-approach principles in M&E systems of national nutrition and quality of life programs / L. Rozhdestvenskaya, S. Romanenko, A. Lachugin // *E3S Web of Conferences*. – 2023. – Vol. 451. – Art. 05002.
440. Russia plant protein market: growth trends, business opportunities and future outlook Q2 2025. – URL: <https://www.researchandmarkets.com/reports/6067465/russia-plant-protein-market-growth-trends> (дата обращения: 17.07.2025).

441. Sabaté, J. Sustainability of plant-based diets: back to the future / J. Sabaté, S. Soret // American journal of clinical nutrition. – 2014. – Vol. 100, suppl. 1. – P. 476–482.
442. Santoso, I. Application of QFD in sustainable new product development in the agro-industrial sector: a systematic literature review / I. Santoso, H. Rau, A. Choirun [et al.] // International journal of sustainable engineering. – 2024. – Vol. 17, № 1. – P. 926–944.
443. Sathe, S. K. Functional properties of lupin seed (*Lupinus mutabilis*) proteins and protein concentrates / S. K. Sathe, S. S. Deshpande, D. K. Salunkhe // Journal of food science. – 2006. – Vol. 47, № 2. – P. 491–497.
444. Schmidt, H. O. Overview of the incorporation of legumes into new food options: an approach on versatility, nutritional, technological, and sensory quality / H. O. Schmidt, V. R. Oliveira // Foods. – 2023. – Vol. 12, № 13. – Art. 2586.
445. Schneider, K. R. Governance and resilience as entry points for transforming food systems in the countdown to 2030 / K. R. Schneider, R. Remans, T. H. Bekele [et al.] // Nature food. – 2025. – Vol. 6. – P. 105–116.
446. Schneider, K. R. The state of food systems worldwide in the countdown to 2030 / K. R. Schneider, J. Fanzo, L. Haddad [et al.] // Nature food. – 2023. – Vol. 4. – P. 1090–1110.
447. Scientific advice related to nutrient profiling for the development of harmonised mandatory front-of-pack nutrition labelling and the setting of nutrient profiles for restricting nutrition and health claims on foods / EFSA Panel on Nutrition, Novel Foods and Food Allergens (NDA) // EFSA Journal. – 2022. – Vol. 20, Iss. 4. – Art. e07259.
448. Sebedio, J.-L. Metabolomics, nutrition, and potential biomarkers of food quality, intake, and health status / J.-L. Sebedio // Advances in food and nutrition research. – 2017. – Vol. 5. – P. 83–116.
449. Secondary Analysis of the National Nutrition and Physical Activity Survey 2011–2012 / Grains & Legumes Nutrition Council (GLNC). – 2015. – URL: <https://www.glnc.org.au/legumes-nutrition/> (дата обращения: 21.09.2024).
450. Segovia-Siapco, G. Health and sustainability outcomes of vegetarian dietary patterns: a revisit of the EPIC-Oxford and the Adventist Health Study-2 cohorts / G. Segovia-Siapco, J. Sabaté // European journal of clinical nutrition. – 2019. – Vol. 72, suppl. 1. – P. 60–70.
451. Serba, E. M. Production of peptides and amino acids from microbial biomass in food and feed industries: biotechnological aspects / E. M. Serba, L. V. Rimareva, M. B. Overchenko [et al.] // Foods and raw materials. – 2020. – Vol. 8, № 2. – P. 268–276.

452. Severinsen, F. The use of a decision support system (MyFood) to assess dietary intake among free-living older adults in Norway: evaluation study / F. Severinsen, L. F. Andersen, M. M. Paulsen // JMIR mHealth and uHealth. – 2023. – Vol. 11. – Art. e45079.
453. Shah, E. Metabolomics, nutrition and why epidemiology matters / E. Shah // International journal of epidemiology. – 2016. – Vol. 45, № 5. – P. 1307–1310.
454. Shand, P. J. Physicochemical and textural properties of heat-induced pea protein isolate gels / P. J. Shand, H. Ya, Z. Pietrasik, P. Wanasundara // Food chemistry. – 2007. – Vol. 102, № 4. – P. 1119–1130.
455. Shanthakumar, P. The current situation of pea protein and its application in the food industry / P. Shanthakumar, J. Klepacka, A. Bains [et al.] // Molecules. – 2022. – Vol. 27, № 16. – Art. 5354.
456. Shrestha, S. Lentil, mungbean and yellow pea protein isolates: physicochemical and functional characterization / S. Shrestha, J. I. Boye // Food chemistry. – 2023. – Vol. 400. – Art. 134084.
457. Singh, M. Plant-based meat analogue (PBMA) as a sustainable food: a concise review / M. Singh, N. Trivedi, M. K. Enamala [et al.] // European food research and technology. – 2021. – Vol. 247. – P. 2499–2526.
458. Skalny, A. V. Bioelementology as an interdisciplinary integrative approach in life sciences: terminology, classification, perspectives / A. V. Skalny // Journal of trace elements in medicine and biology. – 2011. – Vol. 25. – P. 3–10.
459. Sobal, J. Constructing food choice decisions / J. Sobal, C. Bisogni // Annals of behavioral medicine. – 2009. – Vol. 38, № 1. – P. 37–46.
460. Soto-Madrid, D. Structural and physicochemical characterization of extracted proteins fractions from chickpea (*Cicer arietinum* L.) as a potential food ingredient to replace ovalbumin in foams and emulsions / D. Soto-Madrid, N. Pérez, M. Gutiérrez Cutiño [et al.] // Polymers. – 2022. – Vol. 15. – Art. 110.
461. Springmann, M. Analysis and valuation of the health and climate change cobenefits of dietary change / M. Springmann, H. C. Godfray, M. Rayner, P. Scarborough // Proceedings of the National academy of sciences of the United States of America. – 2016. – Vol. 113, № 15. – P. 4146–4151.

462. SPS requirements for exporting to the Russian Federation. – URL: https://food.ec.europa.eu/horizontal-topics/international-affairs/eu-russia-sps-issues/sps-requirements-export_en (дата обращения: 17.07.2025).

463. Standards tables of food composition in Japan 2015 (seventh revised edition), documentation and table. – URL: https://www.mext.go.jp/en/policy/science_technology/policy/title01/detail01/sdetail01/sdetail01/1385122.htm (дата обращения: 10.10.2025).

464. Starowicz, M. Analysis of volatiles in food products / M. Starowicz // Separations. – 2021. – Vol. 8. – Art. 157.

465. Stoyanova, N. Innovative bioactive nano-fibrous materials combining medicinal and aromatic plant extracts and electrospinning method / N. Stoyanova, N. Nachev, M. Spasova // Membranes. – 2023. – Vol. 13, № 10. – Art. 840.

466. Strengthening nutrition action / FAO ; WHO. – Rome, 2018. – URL: <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/ca1505en> (дата обращения: 08.05.2025).

467. Sturme, M. Precision fermentation – with a focus on food safety / M. Sturme, J. P. van der Berg, G. Kleter. – Rome : FAO, 2025. – ISBN 978-92-5-139643-8. – URL: <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/cd4448en> (дата обращения: 03.01.2025).

468. Stüve, D. Supply chain planning in the food industry / D. Stüve, R. van der Meer, M. Lütke Entrup, M. S. A. Agha // Proceedings of the Hamburg International Conference of Logistics (HICL), vol. 29. – Berlin : epubli GmbH, 2020. – P. 317–353.

469. Sustainable diets and biodiversity: directions and solutions for policy, research and action / eds. B. Burlingame, S. Dernini. – Rome : FAO, 2012. – ISBN 978-92-5-107288-2. – URL: <https://www.fao.org/4/i3004e/i3004e00.htm> (дата обращения: 02.10.2025).

470. Sustainable food systems & agriculture: policy paper / B20. – Brasília : B20, 2024. – URL: <https://b20brasil.org/sustainable-food-systems-agriculture> (дата обращения: 03.01.2025).

471. Sustainable health through the life span nutrition as a smart investment for Europe / European federation of the associations of dietitians (EFAD). – 2019. – URL: <https://www.efad.org/wp-content/uploads/2021/10/efad-sustainable-health-through-life-span-2019.pdf> (дата обращения: 28.03.2025).

472. Sustainable healthy diets – guiding principles / FAO ; WHO. – Rome, 2019. – ISBN 978-92-4-151664-8. – URL: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241516648> (дата обращения: 14.12.2024).

473. Tachie, C. Trends and innovations in the formulation of plant-based foods / C. Tachie, I. Nwachukwu, A. Aryee // Food Production, Processing and Nutrition. – 2023. – Vol. 5. – Art. 16.

474. Tapsell, L. Foods, nutrients, and dietary patterns: interconnections and implications for dietary guidelines / L. Tapsell, E. Neale, A. Satija, F. Hu // Advances in nutrition. – 2016. – Vol. 7, № 3. – P. 445–454.

475. The 2018 review of the UK Nutrient Profiling Model / Public health England. – URL: https://assets.publishing.service.gov.uk/media/5ab8bd9f40f0b67d67479854/Annex__A_the_2018_review_of_the_UK_nutrient_profiling_model.pdf (дата обращения: 17.07.2025).

476. The CFS voluntary guidelines on food systems and nutrition (VGFSyN). – URL: https://hlpf.un.org/sites/default/files/vnrs/2021/27273CFS_contribution__HLPF_2021_Annex_I__VGFSYN.pdf (дата обращения: 17.07.2025).

477. The development and use of a surveillance tool: the classification of foods in the Canadian nutrient file according to eating well with Canada's Food Guide / Health Canada. – 2014. – URL: http://publications.gc.ca/collections/collection_2014/sc-hc/H164-158-2-2014-eng.pdf (дата обращения: 17.07.2025).

478. The environmental impacts of sustainable dietary patterns : evidence brief / Public Health Ontario. – 2021. – URL: <https://www.publichealthontario.ca/-/media/documents/e/2021/evidence-brief-environmental-impacts-dietary-patterns.pdf> (дата обращения: 28.03.2025).

479. The European Green Deal. Striving to be the first climate-neutral continent / European commission. – URL: https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en (дата обращения: 28.03.2025).

480. The Food Systems Countdown Initiative: monitoring food system transformation to 2030 and beyond. – URL: <https://www.foodcountdown.org/indicator-architecture#Diets,%20nutrition,%20and%20health> (дата обращения: 07.12.2024).

481. The future of food and agriculture – alternative pathways to 2050. – Rome : FAO, 2018. – URL: <https://www.fao.org/global-perspectives-studies/resources/detail/en/c/1157074/> (дата обращения: 20.07.2025).

482. The future of food and agriculture: trends and challenges. – Rome : FAO, 2017. – 163 p. – ISBN 978-92-5-109551-5.

483. The nutrient profiling model / UK Department of Health. – 2011. – URL: <https://www.gov.uk/government/publications/the-nutrient-profiling-model> (дата обращения: 17.07.2025).

484. The setting of nutrient profiles for foods bearing nutrition and health claims pursuant to Article 4 of the Regulation (EC) no. 1924/2006 – scientific opinion of the Panel on dietetic products, nutrition and allergies // EFSA Journal. – 2008. – Vol. 6, iss. 2. – URL: <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2903/j.efsa.2008.644> (дата обращения: 23.06.2025).

485. The State of Food and Agriculture 2013. Food systems for better nutrition. – Rome : FAO, 2013. – URL: <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/i3300e> (дата обращения: 18.07.2025).

486. Tilman, D. Global diets link environmental sustainability and human health / D. Tilman, M. Clark // Nature. – 2014. – Vol. 515, № 7528. – P. 518–522.

487. Tirado, M. C. Climate change and nutrition: creating a climate for nutrition security / M. C. Tirado, P. Crahay, L. Mahy [et al.] // Food and nutrition bulletin. – 2013. – Vol. 34, № 4. – P. 533–547.

488. Tonumaip'e, D. Food havens not swamps: a strength-based approach to sustainable food environments / D. Tonumaip'e, R. Cammock, C. Conn // Health promotion international. – 2021. – Vol. 36, № 6. – P. 1795–1805.

489. Transforming agrifood systems in an evolving socio-economic, political, and environmental context // The future of food and agriculture: drivers and triggers for transformation. Summary version. – Rome : FAO, 2022. – URL: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/f876ed77-1e6c-42e6-979e-c36fa759b7e8/content/FOFA-2023/introduction.html> (дата обращения: 18.07.2025).

490. Tzitzikas, E. N. Genetic variation in pea seed globulin composition / E. N. Tzitzikas, J. P. Vincken, J. De Groot [et al.] // Journal of agricultural and food chemistry. – 2006. – Vol. 54. – P. 425–433.

491. Union list of novel foods. – URL: https://food.ec.europa.eu/food-safety/novel-food/authorisations/union-list-novel-foods_en (дата обращения: 10.02.2025).

492. Unravelling the food–health nexus: addressing practices, political economy, and power relations to build healthier food systems / IPES-Food. – Brussels, 2017. – URL: <https://www.fao.org/family-farming/detail/en/c/1661857/> (дата обращения: 02.09.2025).

493. Vancauwenberghe, V. 3D printing of plant tissue for innovative food manufacturing: encapsulation of alive plant cells into pectin based bio-ink / V. Vancauwenberghe, V. B. M. Mbong, E. Vanstreels [et al.] // *Journal of Food Engineering*. – 2017. – Vol. 263. – P. 454–464.

494. Vapnek, J. Regulatory and legislative framework for novel foods / J. Vapnek, K. Purnhagen, B. Hillel. – Kulmbach : University of Bayreuth, 2020. – (Campus Kulmbach legal working papers ; 32). – URL: <https://epub.uni-bayreuth.de/id/eprint/5178/1/wp-3.pdf> (дата обращения: 03.01.2025).

495. Veld, W. Nutrient profiling and linear programming diet modelling: an analysis of the differences between the outcomes : BSc thesis / Wietske in 't Veld. – Wageningen University, 2018– Department of Social Sciences . Operations Research and Logistics. – URL: <https://edepot.wur.nl/442893>

496. Vitamin and mineral nutrition information system (VMNIS). – URL: <https://www.who.int/teams/nutrition-and-food-safety/databases/vitamin-and-mineral-nutrition-information-system> (дата обращения: 07.12.2024).

497. Wang, T. Quality function deployment modified for the food industry: An example of a granola bar / T. Wang, H. Hsiao, W. Sung // *Food science and nutrition*. – 2019. – Vol. 7, № 5. – P. 1746–1753.

498. What are healthy diets? Joint statement by the Food and Agriculture Organization of the United Nations and the World Health Organization / WHO ; FAO. – 2024. – ISBN 978-92-4-010187-6. – URL: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240101876> (дата обращения: 03.01.2025).

499. WHO Regional Office for Europe nutrient profile model. – 2015. – URL: <https://www.who.int/publications/i/item/WHO-EURO-2015-6894-46660-67850>

500. WHO Regional Office for Europe nutrient profile model: second edition. – 2023. – URL: <https://www.who.int/europe/publications/i/item/WHO-EURO-2023-6894-46660-68492> (дата обращения: 19.02.2025).

501. Wicaksono, A. Cost-benefit analysis on transforming conventional food businesses into canning businesses during Covid-19 pandemic / A. Wicaksono, T. Hendrix, A. Nurhikmat // *AIP Conference Proceedings*. – 2023. – Vol. 2583. – Art. 110018.

502. Willett, W. Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet commission on healthy diets from sustainable food systems / W. Willett, J. Rockstrom, B. Loken [et al.] // *Lancet*. – 2019. – Vol. 393, № 10170. – P. 447–492.

503. Wolfe, R. R. Optimizing protein intake in adults: interpretation and application of the recommended dietary allowance compared with the acceptable macronutrient distribution range / R. R. Wolfe, A. M. Cifelli, G. Kostas, I. Y. Kim // *Advances in nutrition*. – 2017. – Vol. 8, № 2. – P. 266–275.

504. Wood, A. Reframing the local–global food systems debate through a resilience lens / A. Wood, C. Queiroz, L. Deutsch [et al.] // *Nature food*. – 2023. – Vol. 4, № 1. – P. 22–29.

505. Yang, J. Application of sensory descriptive analysis and consumer studies to investigate traditional and authentic foods: a review / J. Yang, J. Lee // *Foods*. – 2019. – Vol. 8. – Art. 54.

506. Yang, M. Influence of succinylation on physicochemical property of yak casein micelles / M. Yang, J. Yang, Y. Zhang, W. Zhang // *Food chemistry*. – 2016. – Vol. 190. – P. 836–842.

507. Yu, J. C. From waste to value: integrating legume byproducts into sustainable industrialization / J. C. Yu, Y. J. Wu, W. S. Shin // *Comprehensive reviews in food science and food safety*. – 2025. – Vol. 24, № 3. – Art. e70174.

508. Zakaria, S. R. Combination of sensory, chromatographic, and chemometrics analysis of volatile organic compounds for the discrimination of authentic and unauthentic Harumanis mangoes / S. R. Zakaria, N. Saim, R. Osman [et al.] // *Molecules*. – 2018. – Vol. 23. – Art. 2365.

509. Zare, F. Functional, physical and sensory properties of pulse ingredients incorporated into orange and apple juice beverages / F. Zare, V. Orsat, J. I. Boye // *Journal of food research*. – 2015. – Vol. 4, № 5. – P. 143–156.

Приложение А
(справочное)

Результаты определения протеолитической активности и безвредности в тест-дозе ферментного препарата Протосубтилин 250 ГЗх и гидролизатов бобового сырья, полученных на его основе

Федеральное бюджетное учреждение науки «Новосибирский научно-исследовательский институт гигиены» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека
(ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены» Роспотребнадзора)

УТВЕРЖДАЮ

Директор ФБУН «Новосибирский
НИИ гигиены» Роспотребнадзора



И.И. Новикова

_____ 2023 г.

ОТЧЁТ
по экспериментальному определению
протеолитической активности (ГОСТ 34430— 2018) и
безвредности в тест-дозе (ГОСТР – 57199-2016)
ферментного препарата Протосубтилин 250 ГЗх и
гидролизатов бобового сырья, полученных на его основе

г. Новосибирск
2023

Приложение Б

(справочное)

Результаты определения перевариваемости продуктов переработки бобового сырья



**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Уральский государственный экономический университет»**

Научно-исследовательская лаборатория

Единого лабораторного комплекса УрГЭУ (НИЛ УрГЭУ)

юридический адрес: 620144, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта/Народной Воли, 62/45

фактический адрес: 620144, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта/Народной Воли, 62/45

ИНН 6661003675 КПП 667101001 ОГРН 1026605233753, дата присвоения

23.09.2002г. УФК по Свердловской области (УрГЭУ л/с 20626Х67930) ИНН/КПП

6661003675/667101001 БИК 016577551 Уральское ГУ Банка России/УФК по

Свердловской области г. Екатеринбург, р/сч 03214643000000016200,

к/сч 40102810645370000054

ПРОТОКОЛ ЛАБОРАТОРНЫХ ИСПЫТАНИЙ

№ 284-19.11.2025

**НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ
ЕДИНОГО ЛАБОРАТОРНОГО КОМПЛЕКСА УрГЭУ**

Заказчик	Чутунова О.В.
Основание	Утвержденная тема НИР
Объект	Мука бобовых, гидролизаты муки бобовых, изолят горохового белка, гидролизаты изолята горохового белка (13 образцов)
Условия проведения испытаний	Лабораторные условия НИЛ
Вид материала	Пищевой продукт на растительной основе
Место отбора пробы	Лабораторные условия НИЛ, соответствующие нормативным требованиям
Дата отбора (получения образцов)	28.10.2025
Метод отбора проб	ГОСТ 26313-2014 Продукты переработки фруктов и овощей. Правила приемки и методы отбора проб ГОСТ ИСО 2170-97 Зерновые и бобовые. Отбор проб молотых продуктов ГОСТ 15113.0-77 Концентраты пищевые. Правила приемки, отбор и подготовка проб.
Дата проведения испытания	11.11.2025 – 13.11.2025
Объем образцов	25 г для каждого образца
Наименование, тип (марка) прибора, средств измерений	Массовая доля сырого протеина: весы AND GR-200, шкаф сушильный ШС-40-02, дистиллятор VELP UDK 129, дигестор VELP DK 6, скруббер VELP SMS, насос водяной

	VELP JP, титратор TitroLine 5000, мешалка магнитная IKA C-MAG HS 7 Массовая доля аминного азота: весы AND GR-200, титратор TitroLine 5000, мешалка магнитная IKA C-MAG HS 7 Перевариваемость: весы AND GR-200, термореактор НТ-170ХПК, мешалка магнитная IKA C-MAG HS 7, фотометр фотоэлектрический (фотоэлектроколориметр) КФК-3-01, лабораторный термостатируемый диффузионный прибор с внутренним и наружным сосудами, средства измерений: рН буферов
НД на методы исследований	ГОСТ Р 54607.7-2016 Услуги общественного питания. Методы лабораторного контроля продукции общественного питания. Часть 7. Определение белка методом Кьельдаля ГОСТ 10846-91. Зерно и продукты его переработки. Метод определения белка. ГОСТ Р 53861-2010. Продукты диетического (лечебного и профилактического) питания. Смеси белковые композитные сухие. Общие технические условия ГОСТ Р 55479-2013 Мясо и мясные продукты. Методы определения аминокислотного азота ГОСТ 13496.4-2019 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания азота и сырого протеина Протокол Покровского-Ертанова¹, RU2045918C1-1995-10-20 - Способ определения переваримости белков пищевых продуктов in vitro²

Заключение:

№ п/п	Показатель	Результат испытаний	Погрешность (неопределенность)
Образец ЧЗ			
1.	Массовая доля сырого протеина, %	24,81	± 0,15
2.	Массовая доля аминного азота, мг/100г	165,52	± 9,27
3.	Перевариваемость, %	72,11	± 3,00
Образец ГЧЗ			
1.	Массовая доля сырого протеина, %	24,75	± 0,15
2.	Массовая доля аминного азота, мг/100г	215,41	± 13,11
3.	Перевариваемость, %	92,35	± 3,00
Образец ЧК			
1.	Массовая доля сырого протеина, %	28,46	± 0,15
2.	Массовая доля аминного азота, мг/100г	166,67	± 6,84
3.	Перевариваемость, %	75,62	± 3,00

¹ Покровский, А.А. Атакуемость белков пищевых продуктов протеолитическими ферментами in vitro / А.А. Покровский, И.Д. Ертанов // Вопросы питания. – 1965. – № 3. – С. 38-44.

² Патент № 2045918 С1 Российская Федерация, МПК А23Л 1/31. Способ определения переваримости белков пищевых продуктов in vitro : № 93020038/13 : заявл. 16.04.1993 : опубл. 20.10.1995 / С. Б. Юдина, Н. Н. Липатов ; заявитель Московский институт прикладной биотехнологии. – EDN ZPPDML.

Образец ГЧК			
1.	Массовая доля сырого протеина, %	28,41	± 0,15
2.	Массовая доля аминного азота, мг/100г	234,15	± 11,05
3.	Перевариваемость, %	94,12	± 3,00
Образец ГЖ			
1.	Массовая доля сырого протеина, %	27,80	± 0,15
2.	Массовая доля аминного азота, мг/100г	140,57	± 8,69
3.	Перевариваемость, %	63,25	± 3,00
Образец ГТЖ			
1.	Массовая доля сырого протеина, %	27,77	± 0,15
2.	Массовая доля аминного азота, мг/100г	198,13	± 7,63
3.	Перевариваемость, %	88,92	± 3,00
Образец ГЗ			
1.	Массовая доля сырого протеина, %	24,31	± 0,15
2.	Массовая доля аминного азота, мг/100г	147,12	± 12,62
3.	Перевариваемость, %	68,12	± 3,00
Образец ГТЗ			
1.	Массовая доля сырого протеина, %	24,30	± 0,15
2.	Массовая доля аминного азота, мг/100г	205,07	± 11,74
3.	Перевариваемость, %	91,22	± 3,00
Образец ИГБ (база)			
1.	Массовая доля сырого протеина, %	79,88	± 0,15
2.	Массовая доля аминного азота, мг/100г	466,67	± 23,33
3.	Перевариваемость, %	83,97	± 3,00
Образец ИГБ (0%)			
1.	Массовая доля сырого протеина, %	79,65	± 0,15
2.	Массовая доля аминного азота, мг/100г	482,67	± 22,19
3.	Перевариваемость, %	87,32	± 3,00
Образец ГИГБ (0,075%)			
1.	Массовая доля сырого протеина, %	78,93	± 0,15
2.	Массовая доля аминного азота, мг/100г	543,21	± 19,74
3.	Перевариваемость, %	91,15	± 3,00
Образец ГИГБ (0,25%)			
1.	Массовая доля сырого протеина, %	77,84	± 0,15
2.	Массовая доля аминного азота, мг/100г	596,67	± 21,68
3.	Перевариваемость, %	94,35	± 3,00
Образец ГИГБ (2%)			
1.	Массовая доля сырого протеина, %	77,26	± 0,15
2.	Массовая доля аминного азота, мг/100г	698,66	± 34,93
3.	Перевариваемость, %	99,66	± 3,00

Научно-исследовательская лаборатория не несёт ответственности за отбор образцов и информацию, предоставленную заказчиком.

Исследование провели:

Главный специалист  Новопашин С.Н.

Инженер  Кошлатый И.Н.

Зам. директора ЕЛК:  Шацких Е.В.

Директор ЕЛК  Кольберг Н.А.

Активация Windows
Чтобы активировать Window

Приложение В
(справочное)

**Техническое задание на разработку оценочного модуля программного средства
для реализации расчетов в рамках модели нутриентного профилирования**

Федеральное бюджетное учреждение науки «Новосибирский научно-исследовательский институт гигиены» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека
(ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены» Роспотребнадзора)

УТВЕРЖДАЮ

Директор ФБУН «Новосибирский
НИИ гигиены» Роспотребнадзора



И.И. Новикова

_____ 2025 г.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

на разработку модуля программного обеспечения, реализующего расчёт
агрегативной оценки нутриентной плотности пищевой продукции на
основе разработанной модели нутриентного профилирования (МНП)

ТЗ - 002-01966779-2025

РАЗРАБОТАНО

ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены»
Роспотребнадзора

_____/ с.н.с, к.э.н., доц. Л.Н. Рождественская

г. Новосибирск
2025

Приложение Г
(справочное)

**Современные тренды в России в отношении производства и потребления
животного белка**

В глобальном масштабе пандемия COVID-19 оказала прямое влияние на продовольственные системы за счет изменения соотношения спроса и предложения пищевых ресурсов, что объясняется, с одной стороны, снижением покупательной способности, а с другой – резким изменением возможностей производства, распределения и сбыта продовольствия. В развитых странах эти изменения имели разную глубину и характер, но практически повсеместно было отмечено сокращение сельскохозяйственного производства и доступности продовольствия за счет:

- ограничения возможности передвижения животных (в том числе на сезонные пересечения границы – выгон скота);
- ограничения возможности передвижения на рынки самих продуктов животного происхождения (молоко, мясо и яйца);
- нехватки рабочей силы;
- отсутствия доступа к средствам производства;
- спада местных рынков;
- отсутствия доступа к международным рынкам.

При этом наиболее сильно от последствий COVID-19 пострадал сектор животноводства, на который приходится около 40 % стоимости мирового сельскохозяйственного производства, что обусловлено значительной потерей производственных мощностей и продукции животноводства в совокупности с закрытием предприятий по переработке мяса и молока за период 2019–2020 гг.

По данным FAOSTAT [339], текущие данные по регионам на основе продовольственных балансов (2020–2025 гг.) демонстрируют значительное различие между странами (таблица В.1) по значимости животных ресурсов в обеспечении потребностей организма за счет мяса, молока и яиц.

Таблица В.1 – Распределение стран вклада животного сырья в калорийность рациона

Вклад в калорийность рациона, %	Страны
35–41	Эстония (41 %), Дания (41 %), Исландия (38 %), Гонконг (38 %), Монголия (38 %), Финляндия (38 %), Нидерланды (37 %), Бельгия (36 %), Франция (35 %), Ирландия (35 %)
20–34	Западная Европа (34 %), Северная Европа (30 %), Австралия и Новая Зеландия (30 %), Северная Америка (28 %), Восточная и Южная Европа (27 %), Центральная Азия (26 %), Южная Америка (25 %), Центральная Америка (20 %)
10–19	Восточная Азия (19 %), средний мировой показатель (18 %), средний показатель по Азии и Западной Азии (16 %), Южная Африка (17 %), Карибский бассейн (14 %), Южная Азия (13 %), Юго-Восточная Азия (11 %), Северная Африка (11 %)
0–9	Восточная Африка (7 %), Центральная и Западная Африка (5 %)

Если рассматривать глобальные тенденции обобщенно, то примерно 18 % калорий в среднем рационе населения мира приходится на продукты животного происхождения (мясо, молоко, яйца). Это обеспечивает распределение, когда около 40–50 % пищевого белка поступает из продуктов животного происхождения в странах с высоким уровнем потребления, но глобально эта доля ниже, ориентировочно 35–40 %. В свою очередь из растительных источников, включая злаки, бобовые, овощи, фрукты и масла поступает порядка 82 % калорий и оставшиеся 60–65 % пищевого белка люди получают из растительных продуктов, прежде всего из злаков и бобовых.

Результатом глобальной трансформации продовольственных систем, являющейся следствием как перенаселения и появившихся рисков (новые вирусы и инфекции, в том числе COVID-19), так и роста акцентов на устойчивости продовольственных систем) стала константная тенденция к замене белка животного происхождения альтернативными источниками. Выбранная стратегия подкрепляется затратами ресурсов на производство белкового сырья, анализом экологических последствий, сопоставлением пищевой ценности и, как следствие, влиянием на здоровье человека.

В России доля энергоценности рациона за счет продуктов животного происхождения составляет 33–36 %, при этом доля животного белка в его общем количестве сформировалась на уровне 63–67 %. Более детальный вклад продуктов животного происхождения в потребности человека на основании потребленных продуктов питания приведен в таблице В.2.

Таблица В.2 – Состав пищевых веществ и калорийность потребленных продуктов питания в Российской Федерации на душу населения

Пищевые вещества	Всего				В том числе в продуктах животного происхождения			
	2019	2020	2021	2022	2019	2020	2021	2022
Белки, г	80,4	81,4	80,1	80,9	51,3	52,3	53,0	53,7
Жиры, г	108,9	109,9	107,8	109,8	69,4	70,8	71,3	72,7
Углеводы, г	334,6	333,6	318,6	319,3	15,0	15,4	16,9	16,9
Калорийность, ккал	2651,6	2660,9	2576,6	2600,4	893,7	912,2	925,2	940,9

С 2020 г. в России зафиксирован рост производства как животноводческой продукции, так и интереса к растительным протеинам. Эти процессы обусловлены как природно-климатическими особенностями страны и достаточностью сельскохозяйственных территорий, так и экономико-политическими условиями, определившими стратегические ориентиры в области обеспечения продовольственной безопасности и независимости на фоне санкционного давления.

Анализ данных Росстата позволяет сделать вывод, что, во-первых, динамика развития традиционного мясного и рыбного производства в стране находится на стабильно высоком уровне (таблицы В.3 и В.4), а во-вторых, существует достаточно мощная тенденция использования дичи как варианта нетрадиционного источника животного белка, о чем свидетельствуют данные Минприроды [39] (таблица В.4). При этом наиболее активный пятилетний тренд показывают добыча пятнистого оленя и тура (рост более 50 %), а также добыча благородного оленя, косули, лося и бурых медведей (рост порядка 30 %) (рисунок В.3).

Таблица В.3 – Продукция животноводства и птицеводства за 2023–2024 гг.

Продукция животноводства	2023	2024	Прирост в 2024 г. к 2023 г., %
Скот и птица на убой (в живом весе), млн т	16,6	16,9	102,1
Молоко, млн т	33,8	34,1	100,8
Яйца, млрд шт.	46,6	46,5	99,7

По данным Росстата [40], в России хозяйства всех категорий (сельхозорганизации, фермеры, личные подсобные хозяйства) в 2024 г. произвели 16,9 млн т скота и птицы, а на конец декабря 2024 г. поголовье крупного рогатого скота в хозяйствах всех сельхозпро-

изводителей, по расчетам, составляло 16,4 млн голов (на 4,1 % меньше по сравнению с соответствующей датой предыдущего года), из него коров – 7,3 млн (на 3,8 % меньше), свиней – 27,8 млн (на 1,6 % меньше), овец и коз – 19,2 млн (на 5,2 % меньше), птицы – 556 млн голов (на 2,2 % больше). Молочная отрасль увеличила надой молока на 0,8 %, в то время как производство яиц снизилось на 0,3 %. Динамика объемного производства продукции, являющейся источниками животного белка, представлена в таблице В.5.

В отношении структуры производства скота и птицы лидирующее значение в общем объеме производства принадлежит птицеводству – более 42 % от общего объема производства, второе по значимости – свиноводство – его вклад в общий объем порядка 37%. На крупный и мелкий рогатый скот, а также прочие виды приходится в совокупности 1/5 часть от общего производства (рисунок В.1).

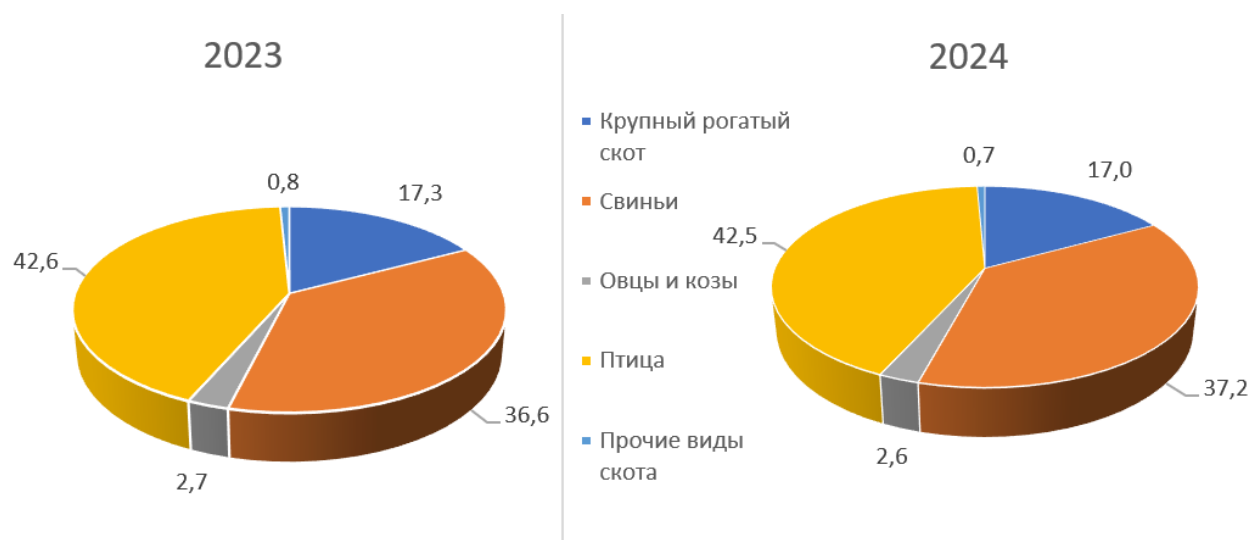


Рисунок В.1 – Структура производства скота и птицы на убой по видам в хозяйствах всех категорий, % к общему производству (в живом весе)

Оборот организаций с основным видом деятельности «Рыболовство и рыбоводство» в 2024 г. составил 664 млрд р., что в действующих ценах на 1,7 % больше, чем в 2023 г.; в декабре 2024 г. – 68,9 млрд р., или на 8,3 % меньше, чем в соответствующем периоде предыдущего года. Динамика объемного производства рыбы и прочей продукции рыболовства представлена в таблице В.4.

Таблица В.4 – Рыба и прочая продукция рыболовства за 2023–2024 гг.

Продукция рыболовства и рыбоводства	Объем, тыс. т		Прирост в 2024 г. к 2023 г., %
	2023	2024	
Рыба морская живая	218,0	233,0	106,9
Рыба морская свежая или охлажденная	856,6	842,0	98,3
Ракообразные немороженные	63,4	58,6	92,4
Рыба пресноводная живая	5,3	6,2	116,1
Рыба пресноводная свежая или охлажденная	138,5	93,5	67,5

Таблица В.5 – Добыча основных видов охотничьих ресурсов в сезон охоты в Российской Федерации [39]

Группа и вид охотничьих ресурсов	Количество особей, ед.			
	2015–2016	2016–2017	2017–2018	2018–2019
Благородный олень	5 623	5 821	6 564	7 104
Дикий северный олень	54 825	50 440	61 434	59 314
Кабан	54 073	63 061	49 006	49 099
Кабарга	9 306	11 860	14 031	13 432
Косуля	39 656	43 551	45 563	50 140
Лось	28 396	31 987	35 588	36 805
Пятнистый олень	766	803	860	1 209
Снежный баран	459	456	508	535
Тур	332	347	442	529
Бобр	17 441	20 981	24 342	7 306
Выдра	178	195	176	213
Заяц-русак	266 919	288 043	311 921	285 489
Бурый медведь	6 600	6 944	7 927	8 459

В отношении современных отечественных трендов в производстве и использовании в питании источников животного белка можно отметить следующее – достаточно стабильное и животноводство, птицеводство и рыболовство обеспечивают покрытие основных потребностей населения в данных видах продукции (таблица В.6).

За последние пять лет Россия сформировала рекордные объемы производства мяса, птицы, молока, рыбы и яиц, фактически обеспечив рекомендации по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания, а также достигла самообеспеченности по основным категориям продуктов животного происхождения более чем на 100 % (таблица В.7).

Таблица В.6 – Потребление основных видов продуктов животного происхождения в России за 2019–2023 гг.

Вид продуктов	2019	2020	2021	2022	2023	Норма [165]
Мясо и мясопродукты в пересчете на мясо	75	76	77	78	80	73
в том числе мясо и мясопродукты без субпродуктов II категории и жира-сырца	69	70	71	72	74	73
Молоко и молочные продукты в пересчете на молоко	232	238	239	241	247	325
Яйца и яйцепродукты – штук	283	281	279	288	290	260
Рыба и рыбопродукты в живом весе (весе сырца)	21,0	19,9	21,0	19,2	22,6	22

Таблица В.7 – Уровень самообеспечения основными продуктами питания животного происхождения по Российской Федерации [155]

Продукт	Уровень самообеспеченности, %				
	2019	2020	2021	2022	2023
Мясо	97,4	100,1	99,7	101,8	101,7
Молоко	83,9	84,0	84,3	85,7	86,0
Яйца	97,1	97,4	98,2	98,0	98,6
Рыба	152,8	160,7	153,7	165,3	152,9

Потребление животного белка на душу населения вышло на исторический максимум. Согласно данным Центра отраслевой экспертизы (ЦОЭ) Россельхозбанка на базе информации Росстата и отраслевых объединений, на фоне существенно выросшего потребления рыбы, молока, яиц, потребление мяса составило около 80–83 кг, что в совокупности обеспечило 27,9 кг белков в перерасчете на человека в год [195].

Обусловлен такой значительный рост (плюс 75 % от уровня 1999 г.) за счет направленности усилий всего агропромышленного комплекса страны на максимальном наполнении внутреннего рынка и выполнении показателей Доктрины продовольственной безопасности. Это позволило России войти в топ-10 мировых производителей и экспортеров мяса птицы, а рост экспорта стал одним из ключевых факторов расширения отрасли. Постепенно расширяется рынок мяса утки, кроликов, баранины, новая продукция появляется и в сегменте готовых (колбасных, деликатесных) изделий.

Обобщенно современные тренды в России в отношении производства и потребление животного белка (2020–2025) нашли отражение в таблице В.8.

Таблица В.8 – Ключевые тренды по основным категориям источников белка

Продукт	Ключевые тренды 2020–2025 гг.	Основные направления и акценты в развитии
Мясо	Рекордный рост, приоритет – свинина	Самообеспеченность, экспортные возможности, модернизация производств
Птица	Рекордный рост производства, рост экспорта, высокий спрос	Лидерство среди мировых экспортеров мяса птицы, диверсификация
Молоко	Рост производства, новые технологии	Глубокая переработка
Яйца	Рост производства, инновации в птицеводстве, развитие	Укрупнение предприятий, диверсификация
Рыба	Стабильный рост, поддержка аквакультуры	Импортозамещение
Альтернативный белок	Появление инноваций: энтомопротеин, микопротеин	Инновации, конвейерные технологии, глубокая переработка

Приложение Д
(справочное)

Методические указания МУК 011-01966779-24 «Методики и порядок исследования функционально-технологических свойств зернобобового сырья»

Федеральное бюджетное учреждение науки «Новосибирский научно-исследовательский институт гигиены» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека
(ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены» Роспотребнадзора)

УТВЕРЖДАЮ
Директор ФБУН «Новосибирский НИИ
гигиены» Роспотребнадзора

И.И. Новикова

2024 г.



МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
МЕТОДИКИ И ПОРЯДОК ИССЛЕДОВАНИЯ
ФУНКЦИОНАЛЬНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
ЗЕРНО-БОБОВОГО СЫРЬЯ

МУК - 011-01966779-24

РАЗРАБОТАНО
ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены»
Роспотребнадзора

 / в.н.с, к.э.н., доц. Л.Н. Рождественская

г. Новосибирск
2024

Приложение Е (справочное)

Отчет о результатах ферментативного воздействия на основе базы данных BIOPEP-UWM™

ID of protein: 1157

Name: legumin K fragment, garden pea (*Pisum sativum*)

Protein sequence:

IPYWTYNHGDEPLVAISLLDTSNIANQLDSTPRVFYLGGNPETEFPETQEEQQGRHRQKHSYPVGRRSGHHQQEESEEQNEGNSVLSGVSSSEFLAQTENT
EEDTAKRLRSPRDESRQIVRVEGGLRIINPKGKEEEEEKEQSHSHSHREEEEEEEEEDEEKQRSEERKNGLEETICSAKIRENIADAAGADLYNPRAGRIRTAN
SLTLPVLRYLRLSAEYVRLYRNGIYAPHWNINANSLLYVIRGEGRVRIVNFQGDVFDNKVRKGQLVVVPQNFVVAEQAGEEEGLEYYVFKTNDRAAV
SHVQQVLRATPAEVLANAFGLRQRQVTELKLSGNGRPLVHPQSQSQSH

Enzyme ID: 37|proteinase P1 (lactocepin)|EC 3.4.21.96

Number	Peptide ID	Sequence	Location	Name	Function	Activity	Monoisotopic mass	Chemical mass
1	3351	EEE	[74-76]	Stimulating vasoactive substance release	Stimulating vasoactive substance release	Stimulating	405,1377	405,3563
2	3380	RY	[212-213]	ACE inhibitor	Inhibitor of Angiotensin-Converting Enzyme (ACE) (EC 3.4.15.1) (MEROPS ID: M02-001)	ACE inhibitor	337,1745	337,3733
3	3556	FY	[35-36]	ACE inhibitor	Inhibitor of Angiotensin-Converting Enzyme (ACE) (EC 3.4.15.1) (MEROPS ID: M02-001)	ACE inhibitor	328,1418	328,3616
4	7683	NF	[254-255]	ACE inhibitor from garlic		ACE inhibitor	279,1215	279,2911
5	7684	SY	[61-62]	ACE inhibitor from garlic		ACE inhibitor	268,1055	268,2652
6	7830	TE	[329-330]	ACE inhibitor	Inhibitor of Angiotensin-Converting Enzyme (EC 3.4.15.1) (MEROPS ID: XM02-001)	ACE inhibitor	248,1004	248,2325

Number	Peptide ID	Sequence	Location	Name	Function	Activity	Monoisotopic mass	Chemical mass
7	8193	AI	[15-16]	ACE inhibitor		ACE inhibitor	202,1313	202,2501
8	8322	IV	[119-120]	Glucose uptake stimulating peptide		Stimulating	230,1625	230,3031
9	8329	EE	[50-51]	Stimulating vasoactive substance release	Stimulating vasoactive substance release	Stimulating	276,0953	276,2426
10	8758	AE	[280-281]	Dipeptidyl peptidase IV inhibitor (DPP IV inhibitor)	Inhibitor of Dipeptidyl Peptidase IV (EC 3.4.14.5) (MEROPS ID: S09.003)	Dipeptidyl peptidase IV inhibitor	218,0899	218,2066
11	8774	ET	[47-48]	Dipeptidyl peptidase IV inhibitor (DPP IV inhibitor)	Inhibitor of Dipeptidyl Peptidase IV (EC 3.4.14.5) (MEROPS ID: S09.003)	Dipeptidyl peptidase IV inhibitor	248,1004	248,2325
12	8811	KH	[59-60]	Dipeptidyl peptidase IV inhibitor (DPP IV inhibitor)	Inhibitor of Dipeptidyl Peptidase IV (EC 3.4.14.5) (MEROPS ID: S09.003)	Dipeptidyl peptidase IV inhibitor	283,164	283,326
13	8842	NF	[254-255]	Dipeptidyl peptidase IV inhibitor (DPP IV inhibitor)	Inhibitor of Dipeptidyl Peptidase IV (EC 3.4.14.5) (MEROPS ID: S09.003)	Dipeptidyl peptidase IV inhibitor	279,1215	279,2911
14	8892	SH	[143-144]	Dipeptidyl peptidase IV inhibitor (DPP IV inhibitor)	Inhibitor of Dipeptidyl Peptidase IV (EC 3.4.14.5) (MEROPS ID: S09.003)	Dipeptidyl peptidase IV inhibitor	242,1012	242,2313
15	8892	SH	[145-146]	Dipeptidyl peptidase IV inhibitor (DPP IV inhibitor)	Inhibitor of Dipeptidyl Peptidase IV (EC 3.4.14.5) (MEROPS ID: S09.003)	Dipeptidyl peptidase IV inhibitor	242,1012	242,2313
16	8892	SH	[349-350]	Dipeptidyl peptidase IV inhibitor (DPP IV inhibitor)	Inhibitor of Dipeptidyl Peptidase IV (EC 3.4.14.5) (MEROPS ID: S09.003)	Dipeptidyl peptidase IV inhibitor	242,1012	242,2313
17	8895	SV	[85-86]	Dipeptidyl peptidase IV inhibitor (DPP IV inhibitor)	Inhibitor of Dipeptidyl Peptidase IV (EC 3.4.14.5) (MEROPS ID: S09.003)	Dipeptidyl peptidase IV inhibitor	204,1106	204,223

Number	Peptide ID	Sequence	Location	Name	Function	Activity	Monoisotopic mass	Chemical mass
18	8897	SY	[61-62]	Dipeptidyl peptidase IV inhibitor (DPP IV inhibitor)	Inhibitor of Dipeptidyl Peptidase IV (EC 3.4.14.5) (MEROPS ID: S09.003)	Dipeptidyl peptidase IV inhibitor	268,1055	268,2652
19	8899	TE	[329-330]	Dipeptidyl peptidase IV inhibitor (DPP IV inhibitor)	Inhibitor of Dipeptidyl Peptidase IV (EC 3.4.14.5) (MEROPS ID: S09.003)	Dipeptidyl peptidase IV inhibitor	248,1004	248,2325
20	8942	YN	[193-194]	Dipeptidyl peptidase IV inhibitor (DPP IV inhibitor)	Inhibitor of Dipeptidyl Peptidase IV (EC 3.4.14.5) (MEROPS ID: S09.003)	Dipeptidyl peptidase IV inhibitor	295,1164	295,2905
21	8946	YV	[242-243]	Dipeptidyl peptidase IV inhibitor (DPP IV inhibitor)	Inhibitor of Dipeptidyl Peptidase IV (EC 3.4.14.5) (MEROPS ID: S09.003)	Dipeptidyl peptidase IV inhibitor	280,1418	280,3188
22	9077	YV	[242-243]	ACE inhibitor	Inhibitor of Angiotensin-Converting Enzyme (ACE) (EC 3.4.15.1) (MEROPS ID: M02-001)	ACE inhibitor	280,1418	280,3188
23	9184	ST	[30-31]	ACE inhibitor	Inhibitor of Angiotensin-Converting Enzyme (ACE) (EC 3.4.15.1) (MEROPS ID: M02-001)	ACE inhibitor	206,0899	206,1959
24	9185	YN	[193-194]	ACE inhibitor	Inhibitor of Angiotensin-Converting Enzyme (ACE) (EC 3.4.15.1) (MEROPS ID: M02-001)	ACE inhibitor	295,1164	295,2905
25	9491	RV	[33-34]	DPP-III inhibitor	Inhibitor of Dipeptidyl peptidase-III (DPP-III) (EC 3.4.14.4) (MEROPS ID: M49.001)	Dipeptidyl peptidase III inhibitor	273,1796	273,3311
26	9491	RV	[121-122]	DPP-III inhibitor	Inhibitor of Dipeptidyl peptidase-III (DPP-III) (EC 3.4.14.4) (MEROPS ID: M49.001)	Dipeptidyl peptidase III inhibitor	273,1796	273,3311
27	10051	RY	[212-213]	Antioxidative peptide	Antioxidant	Antioxidative	337,1745	337,3733
28	10622	EE	[50-51]	Glutamate carboxypeptidase inhibitor	Inhibitor of Glutamate carboxypeptidase (EC 3.4.17.11) (MEROPS ID: M20.001)	Glutamate carboxypeptidase inhibitor	276,0953	276,2426

Number	Peptide ID	Sequence	Location	Name	Function	Activity	Monoisotopic mass	Chemical mass
29	10635	AE	[280-281]	Glutamate carboxypeptidase II inhibitor	Inhibitor of Glutamate carboxypeptidase II (EC 3.4.17.21) (MEROPS ID: M28.010)	Glutamate carboxypeptidase II inhibitor	218,0899	218,2066
30	10643	EE	[50-51]	Glutamate carboxypeptidase II inhibitor	Inhibitor of Glutamate carboxypeptidase II (EC 3.4.17.21) (MEROPS ID: M28.010)	Glutamate carboxypeptidase II inhibitor	276,0953	276,2426
31	10644	EEE	[74-76]	Glutamate carboxypeptidase II inhibitor	Inhibitor of Glutamate carboxypeptidase II (EC 3.4.17.21) (MEROPS ID: M28.010)	Glutamate carboxypeptidase II inhibitor	405,1377	405,3563
32	10728	FY	[35-36]	Alpha-amylase inhibitor	Inhibitor of alpha-amylase (EC 3.2.1.1)	Alpha-amylase inhibitor	328,1418	328,3616
33	10730	FY	[35-36]	Alpha-gucosidase inhibitor	Inhibitor of alpha-glucosidase (EC 3.2.1.20)	Alpha-glucosidase inhibitor	328,1418	328,3616
34	10731	FY	[35-36]	Hypotensive peptide	Lowering blood pressure in rats	Hypotensive	328,1418	328,3616
35	10732	FY	[35-36]	Antioxidative peptide	Antioxidative	Antioxidative	328,1418	328,3616
36	10849	EE	[50-51]	Inhibitor of citrate lyase deacetylase	Inhibitor of citrate lyase deacetylase (EC 3.1.2.16)	Citrate lyase deacetylase inhibitor	276,0953	276,2426
37	10850	EE	[50-51]	Inhibitor of thymidylate synthase	Inhibitor of thymidylate synthase (EC 2.1.1.45)	Thymidylate synthase inhibitor	276,0953	276,2426
38	10905	AE	[280-281]	Neprilysin inhibitor	Inhibitor of Neprilysin (EC 3.4.24.11) (MEROPS ID: M13.001)	Neprilysin inhibitor	218,0899	218,2066

Приложение Ж
(справочное)

Технологическая документация

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
«Фуд-Мастер-Фабрика»
(ООО «Фуд-Мастер-Фабрика»)

ОКПД 2 10.84.12.190

ОКС 67.060

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор ООО
«Фуд-Мастер-Фабрика»



Е.А. Константинова

личная подпись

4 » 12 2024 г.

**СОУСЫ КУЛИНАРНЫЕ ПАСТООБРАЗНЫЕ НА ОСНОВЕ
ГИДРОЛИЗАТОВ БОБОВЫХ**

Технические условия
ТУ 10.85.19-052-03814269-2024

(Утверждены впервые)

Дата введения в действие документ ЕСКУ

РАЗРАБОТАНО

ООО «Фуд-Мастер-Фабрика»

/технолог

А.О. Константинова

личная подпись

ФГБОУ ВО НГТУ-НЭТИ

Зая. каф технологии и организации пищевых
производств

/ к.э.н., доц. Л.Н. Рождественская

личная подпись

г. Новосибирск
2024

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
«Фуд-Мастер-Фабрика»
(ООО «Фуд-Мастер-Фабрика»)

ОКПД2 10.84.12.190

ОКС 67.060

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор ООО «Фуд-
Мастер-Фабрика»



Е.А. Константинова

личная подпись

« 4 » 12 2024 г.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ИНСТРУКЦИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ
СОУСОВ КУЛИНАРНЫХ ПАСТООБРАЗНЫХ НА ОСНОВЕ
ГИДРОЛИЗАТОВ БОБОВЫХ

ТИ к ТУ 10.85.19.190-052-03814269-2024

Дата введения в действие декабрь 2024

РАЗРАБОТАНО

ООО «Фуд-Мастер-Фабрика»

/технолог Ю.Колесникова

личная подпись

ФГБОУ ВО НГТУ-НЭТИ

Зав. каф технологии и организации пищевых
производств

/ к.э.н., доц. Л.Н. Рождественская

личная подпись

г. Новосибирск
2024

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
«Фуд-Мастер-Фабрика»
(ООО «Фуд-Мастер-Фабрика»)

ОКПД 2 10.84.12.190

ОКС 67.060

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор ООО
«Фуд-Мастер-Фабрика»



Е.А. Константинова

личная подпись

02 2025 г.

СОУСЫ НА ОСНОВЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ С
ГИДРОЛИЗАТАМИ БОБОВЫХ

Технические условия
ТУ 10.84.12.190-125-03814269-2025
(Утверждены впервые)

Дата введения в действие март 2025

РАЗРАБОТАНО

ООО «Фуд-Мастер-Фабрика»

/технолог А.Д. Калининская

личная подпись

ФГБОУ ВО НГТУ-НЭТИ

Зав. каф технологии и организации пищевых
производств

/ к.э.н., доц. Л.Н. Рождественская

личная подпись

г. Новосибирск
2025

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
«Фуд-Мастер-Фабрика»
(ООО «Фуд-Мастер-Фабрика»)

ОКПД2 10.84.12.190

ОКС 67.060

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор ООО
«Фуд-Мастер-Фабрика»



Е.А. Константинова
личная подпись

« 12 » 03 2025

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ИНСТРУКЦИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ
СОУСОВ НА ОСНОВЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ С
ГИДРОЛИЗАТАМИ БОБОВЫХ
ТИ к ТУ 10.84.12-125-03814269-2025

Дата введения в действие март 2025

РАЗРАБОТАНО

ООО «Фуд-Мастер-Фабрика»

 /технолог А.О. Колынкин
личная подпись

ФГБОУ ВО НГТУ-НЭТИ

Зав. каф технологии и организации пищевых
производств

 / к.э.н., доц. Л.Н. Рождественская
личная подпись

г. Новосибирск
2025

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
«Фуд-Мастер-Фабрика»
(ООО «Фуд-Мастер-Фабрика»)

ОКПД 2 10.84.12.190

ОКС 67.060

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор ООО
«Фуд-Мастер-Фабрика»



Е.А. Константинова

личная подпись

« 22 » 03 2025

МАЙОНЕЗНЫЙ СОУС С ИГБ
(ИЗОЛЯТОМ ГОРОХОВОГО БЕЛКА)

Технические условия
ТУ 10.84.12.190-124-03814269-2025
(Утверждены впервые)

Дата введения в действие март 2025

РАЗРАБОТАНО

ООО «Фуд-Мастер-Фабрика»

/технолог А.О. Калинин

личная подпись

ФГБОУ ВО НГТУ-НЭТИ

Зав. каф технологии и организации пищевых
производств

/ к.э.н., доц. Л.Н. Рождественская

личная подпись

г. Новосибирск
2025

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
«Фуд-Мастер-Фабрика»
(ООО «Фуд-Мастер-Фабрика»)

ОКПД2 10.84.12.190

ОКС 67.060

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор ООО
«Фуд-Мастер-Фабрика»



Е.А. Константинова

личная подпись

« 12 » 03 2024

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ИНСТРУКЦИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ
МАЙОНЕЗНЫЙ СОУС С ИГБ (ИЗОЛЯТОМ ГОРОХОВОГО БЕЛКА)

ТИ к ТУ 10.84.12-124-03814269-2025

Дата введения в действие март 2025

РАЗРАБОТАНО

ООО «Фуд-Мастер-Фабрика»

/технолог

личная подпись

ФГБОУ ВО НГТУ-НЭТИ

Зав. каф технологии и организации пищевых
производств

/ к.э.н., доц. Л.Н. Рождественская

личная подпись

г. Новосибирск
2025

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
"ПРОГРЕСС ПИТАНИЯ"
ООО «ПРОГРЕСС ПИТАНИЯ»)

ОКПД2 10.85.11.000

ОКС 67.120.10

УТВЕРЖДАЮ
Директор
ООО «Прогресс Питания»
Д.В. Кривошеев
личная подпись



« 15 » 11 2024

ПОЛУФАБРИКАТЫ МЯСОСОДЕРЖАЩИЕ В ТЕСТЕ
ЗАМОРОЖЕННЫЕ С ДОБАВЛЕНИЕМ ИЗОЛЯТА ГОРОХОВОГО
БЕЛКА

Технические условия
ТУ 10.85.11-026-39898879-2024

(Утверждены впервые)

Дата введения в действие 15 ноября 2024

РАЗРАБОТАНО

ФГБОУ ВО НГТУ
Зав. каф технологии и организации
пищевых производств, к.э.н., доц.



/ Л.Н. Рождественская
личная подпись

г. Омск

2024

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
"ПРОГРЕСС ПИТАНИЯ"
ООО «ПРОГРЕСС ПИТАНИЯ»)

ОКПД2 10.85.11.000

ОКС 67.120.10

УТВЕРЖДАЮ
Директор
ООО «Прогресс Питания»
Д.В. Кривошеев
личная подпись



« 15 » 11 2024

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ИНСТРУКЦИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ
ПОЛУФАБРИКАТОВ МЯСОСОДЕРЖАЩИХ В ТЕСТЕ
ЗАМОРОЖЕННЫХ С ДОБАВЛЕНИЕМ ИЗОЛЯТА ГОРОХОВОГО
БЕЛКА

ТИ к ТУ 10.85.11-026-39898879-2024

Дата введения в действие 15 ноября 2024

РАЗРАБОТАНО

ФГБОУ ВО НГТУ

Зав. каф технологии и организации
пищевых производств, к.э.н., доц./ Л.Н. Рождественская
личная подпись

г. Омск

2024

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
"ПРОГРЕСС ПИТАНИЯ"
ООО «ПРОГРЕСС ПИТАНИЯ»)

ОКПД2 10.85.11.000

ОКС 67.120.10

УТВЕРЖДАЮ
Директор
ООО «Прогресс Питания»
«ПРОГРЕСС ПИТАНИЯ»
Д.В. Кривошеев
личная подпись



« 15 » 11 2024

ВАРЕНИКИ С НАЧИНКАМИ ИЗ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ
С ДОБАВЛЕНИЕМ ИГБ (ИЗОЛЯТА ГОРОХОВОГО БЕЛКА)

Технические условия
ТУ 10.89.19-027-39898879-2024

Дата введения в действие 15 ноября 2024

РАЗРАБОТАНО

ФГБОУ ВО НГТУ

Зав. каф технологии и организации
пищевых производств, к.э.н., доц.



/ Л.Н. Рождественская
личная подпись

г. Омск

2024

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
"ПРОГРЕСС ПИТАНИЯ"
ООО «ПРОГРЕСС ПИТАНИЯ»)

ОКПД2 10.85.11.000

ОКС 67.120.10

УТВЕРЖДАЮ
Директор
ООО «Прогресс Питания»
Д.В. Кривошеев
личная подпись



« 15 » 11 2024

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ИНСТРУКЦИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ
ВАРЕНИКИ С НАЧИНКАМИ ИЗ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ
С ДОБАВЛЕНИЕМ ИГБ (ИЗОЛЯТА ГОРОХОВОГО БЕЛКА)

ТИ к ТУ 10.89.19-027-39898879-2024

Дата введения в действие 15 ноября 2024 _____

РАЗРАБОТАНО

ФГБОУ ВО НГТУ

Зав. каф технологии и организации
пищевых производств, к.э.н., доц.

/ Л.Н. Рождественская
личная подпись

г. Омск

2024

Приложение И

(справочное)

Комплексная оценка рационов питания детей в образовательных учреждениях Сибирского федерального округа

Использование программного средства «Мониторинг питания и здоровья» не является обязательным для образовательных учреждений субъектов РФ, поэтому представленность того или иного региона в общем анализируемом массиве неодинакова. Как видно из рисунка И.1, из 2007 циклических меню образовательных учреждений Сибирского федерального округа основной вклад в дальнейшее формирование итоговых значений внесли Новосибирская область (1603 проанализированных меню), Омская область (144), Республика Хакасия (85), Республика Алтай и Иркутская область (по 57).

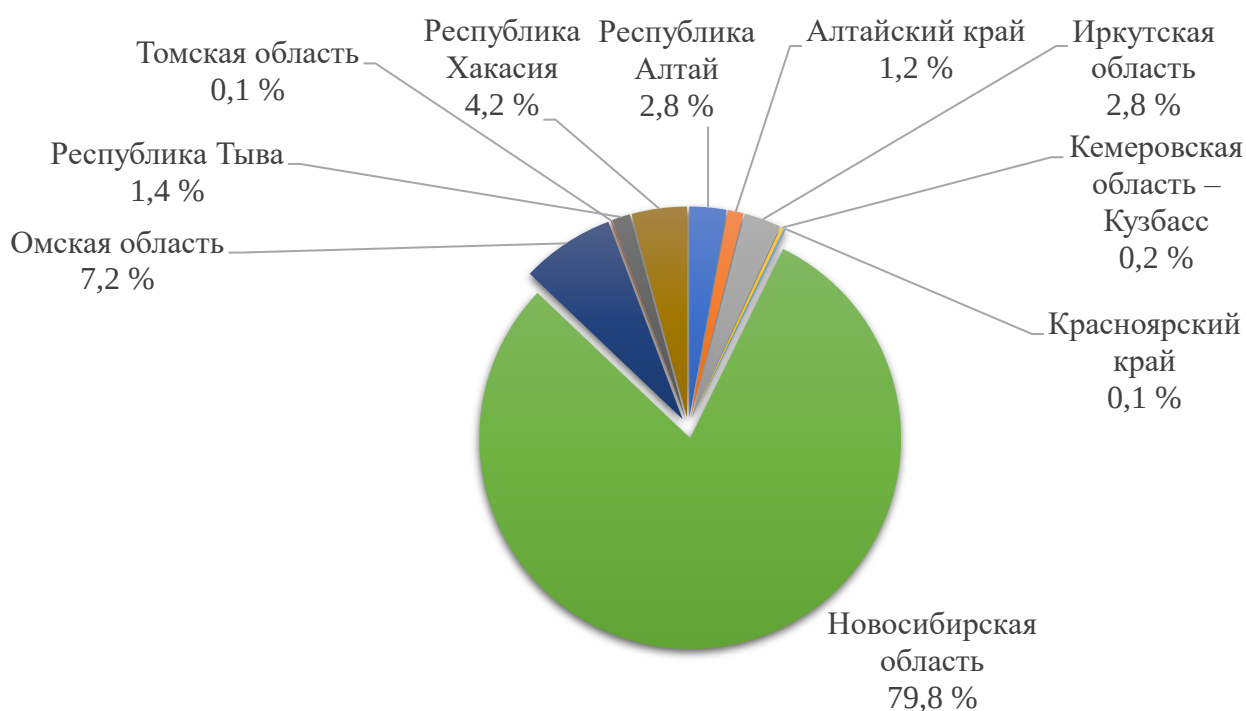


Рисунок И.1 – Распределение проанализированных меню по субъектам РФ

Следует отметить, что в перспективе для повышения репрезентативности оцениваемых и рассчитанных далее данных возможно введение взвешенной корректировки средних данных по субъекту РФ, учитывающей долю включенных в мониторинговую оценку образовательных учреждений от их общего количества в соответствующем регионе.

Это замечание необходимо для дальнейшего трактования получаемых статистических значений, поскольку средняя величина данных, характеризующих питание в Сибирском федеральном округе, сформирована на 2/3 за счет Новосибирской области. Малочисленность данных по таким субъектам, как Кемеровская область – Кузбасс, Красноярский край и Томская область, не позволяет утверждать, что выборки данных из малого количества объектов мониторинга способны объективно отразить состояние и качество питания в генеральной совокупности. Иркутской областью для анализа представлено 87 циклических меню, Республикой Тыва – 28, Алтайским краем – 24 ед., что может давать достаточно объективное общее представление о ситуации в этих регионах.

Описательная статистика анализируемого объема агрегированных данных приведена в таблице И.1. Медианные значения, среднелинейное и среднеквадратическое отклонение свидетельствуют об относительной равномерности значений, которая, однако, имеет выбросы до 90 % от усредненных значений, в частности по углеводам, калорийности и жирам.

Таблица И.1 – Калорийность, содержание макронутриентов, соли и сахара

Субъект РФ	Выход, г	Соль, г	Сахар, г	Белки, г	Жиры, г	Угле- воды, г	Энергетическая ценность, ккал
Республика Алтай	1464,57	2,23	16,14	62,08	48,43	201,02	1488,24
Алтайский край	1514,79	2,64	25,85	60,01	54,46	213,08	1582,50
Иркутская область	1463,03	2,27	20,83	57,22	46,81	197,88	1441,71
Кемеровская область – Кузбасс	1339,07	2,25	16,69	54,70	47,94	232,33	1579,58
Красноярский край	1395,00	2,28	17,18	55,87	34,02	159,09	1166,08
Новосибирская область	1420,13	2,25	17,67	54,73	49,07	183,25	1393,53
Омская область	1360,78	2,49	17,42	56,76	43,81	183,96	1357,22
Томская область	1299,50	2,03	12,29	56,09	47,79	156,08	1278,84
Республика Тыва	1353,69	2,29	19,13	57,87	42,80	188,60	1371,05
Республика Хакасия	1384,70	2,22	17,80	57,47	44,46	185,04	1370,19
<i>В среднем по округу</i>	1399,64	2,31	18,16	59,27	47,45	197,23	1453,07
<i>В среднем по России</i>	1419,92	2,26	15,47	58,57	44,75	190,78	1400,18
Медиана	1389,85	2,26	17,55	56,99	47,30	186,82	1382,29
Минимум	1299,50	2,03	12,29	54,70	34,02	156,08	1166,08
Максимум	1514,79	2,64	25,85	62,08	54,46	232,33	1582,50
Среднеквадратическое отклонение	62,83	0,16	3,31	2,18	5,05	21,73	121,65
Среднее линейное отклонение	52,88	0,11	2,30	1,66	3,75	16,83	96,09

Минимальное значение суммарного выхода блюд (1299,5 г) отмечается в Томской области, что, впрочем, выше рекомендуемого по СанПиН 2.3/2.4.3590-20 (1200 г). В среднем по России это значение превышает норматив на 18,3 %, а в Сибирском федеральном округе – на 16,6 %. Среди лидеров по объему выдаваемых порций выступают Алтайский край (плюс 26,2 %), Иркутская область и Республика Алтай (плюс 22 %). Данную тенденцию в регионах нельзя считать однозначно положительной, поскольку превышение объемов над нормативными значениями часто связано с выдачей блюд с низкой нутриентной плотностью. Остальные субъекты – Новосибирская область, Красноярский край, Республика Хакасия – близки к среднему по округу уровню (плюс 14–18 %); слегка превышают объемный норматив Омская область (плюс 13,4 %), Республики Тыва (12,8 %), Кемеровская (11,6 %) и Томская (8,3 %) области.

Относительно содержания и соотношений основных макронутриентов для сравнения нами были приняты нормируемые в СанПиН 2.3/2.4.3590-20 значения содержания в суточном рационе белков, жиров, углеводов и калорий, поскольку значения, указанные в МР 2.3.1.0253-21 [115], ниже, и интервал в 50–60 % от суточных нормативов (из соотношения 20–25 % на завтрак и 30–35 % на обед) (таблица И.2). Можно отметить, что в Сибирском федеральном округе и России в целом отмечена тенденция сдвига рациона в сторону превышения содержания белков над нормативом (в среднем на 15 %). Специфику плотности рациона можно отследить более детально по представленным в таблице И.2 соотношениям на 100 ккал.

В отдельных субъектах комплекс завтрак + обед покрывает норматив выше, чем на 15–20 % от соответствующей для него значения (50–60 % от суточного) потребности: в белках (Республика Алтай – 80,6 %, Алтайский край – 77,9; в жирах потребность превышена в комплексах Алтайского края (68,9 %), тогда как в Красноярском крае не выполнена (43,1 %). Также в Красноярском крае (47,5 %), как и в Томской области (46,6 %) не выполнены показатели по содержанию углеводов. В итоговой оценке содержащиеся в усредненном по соответствующему округу рационе завтрак + обед протеины, липиды и углеводы не обеспечили выполнение норматива по энергетической ценности во всех субъектах (только в Красноярском крае незначительное отклонение на – 0,4 %), а в Кемеровской области и Республике Алтай даже перевыполнение верхнего значения на 7,3 % и 7,2 % соответственно.

Таблица И.2 – Покрытие рационом завтрак + обед нормативных значений суточной потребности по субъектам Сибирского федерального округа

Показатель	Белки, г	Жиры, г	Углеводы, г	Энергетическая ценность, ккал	На 100 ккал, г		
					Белки	Жиры	Углеводы
Нормы СанПиН 2.3/2.4.3590-20 суточные	77,00	79,00	335,00	2350,00	3,28	3,36	14,26
Республика Алтай	80,63	61,30	60,01	63,33	4,17	3,25	13,51
Алтайский край	77,94	68,94	63,61	67,34	3,79	3,44	13,46
Иркутская область	74,31	59,26	59,07	61,35	3,97	3,25	13,73
Кемеровская область – Кузбасс	71,04	60,68	69,35	67,22	3,46	3,03	14,71
Красноярский край	72,56	43,07	47,49	49,62	4,79	2,92	13,64
Новосибирская область	71,08	62,11	54,70	59,30	3,93	3,52	13,15
Омская область	73,72	55,46	54,91	57,75	4,18	3,23	13,55
Томская область	72,85	60,50	46,59	54,42	4,39	3,74	12,20
Республика Тыва	75,15	54,18	56,30	58,34	4,22	3,12	13,76
Республика Хакасия	74,64	56,28	55,24	58,31	4,19	3,24	13,50
<i>В среднем по округу</i>	76,97	60,07	58,87	61,83	4,08	3,27	13,57
<i>В среднем по России</i>	76,07	56,65	56,95	59,58	4,18	3,20	13,63
Медиана	74,02	59,88	55,77	58,82	4,18	3,25	13,53
Минимум	71,04	43,07	46,59	49,62	3,46	2,92	12,20
Максимум	80,63	68,94	69,35	67,34	4,79	3,74	14,71
Среднеквадратическое отклонение	2,84	6,40	6,49	5,18	0,34	0,23	0,58
Среднее линейное отклонение	2,16	4,74	5,03	4,09	0,26	0,18	0,36

В целом же для Сибирского федерального округа можно отметить некоторое превышение норматива по содержанию белков, что отражает российские тенденции. Этот факт можно отметить, как положительный, поскольку именно белковая группа продуктов питания является наиболее биологически ценной и такое соотношение отражает повышение ее экономической доступности для учащихся через школьное питание. Более детально состояние amino- и жирнокислотного состава рационов будет проанализировано ниже, поскольку биологическая ценность пищи определяется не только общим объемом поступления этого макронутриента, но и его качественным составом и биодоступностью, зависящей от значения по лимитирующей аминокислоте.

Следующей характеристикой качества питания является соблюдение нормативных соотношений основных макронутриентов и их долей в обеспечении энергетической цен-

ности рациона. Полученные для Сибирского федерального округа распределения приведены в таблице И.3.

Таблица И.3 – Соотношение БЖУ и их доля в общем весовом объеме и общей калорийности завтрака и обеда

Субъект РФ	Соотношение БЖУ					
	по доле, г			в энергии рациона, %		
	Б	Ж	У	Б	Ж	У
Справочно: Нормативное соотношение по СанПиН 2.3/2.4.3590-20	1,00	1,03	4,35	13,00	30,00	57,00
Республика Алтай	1,00	0,78	3,24	16,69	29,29	54,03
Алтайский край	1,00	0,91	3,55	15,17	30,97	53,86
Иркутская область	1,00	0,82	3,46	15,88	29,22	54,90
Кемеровская область – Кузбасс	1,00	0,88	4,25	13,85	27,31	58,83
Красноярский край	1,00	0,61	2,85	19,17	26,26	54,57
Новосибирская область	1,00	0,90	3,35	15,71	31,69	52,60
Омская область	1,00	0,77	3,24	16,73	29,05	54,22
Томская область	1,00	0,85	2,78	17,54	33,64	48,82
Республика Тыва	1,00	0,74	3,26	16,88	28,09	55,02
Республика Хакасия	1,00	0,77	3,22	16,78	29,20	54,02
<i>В среднем по округу</i>	1,00	0,80	3,33	16,32	29,39	54,29
<i>В среднем по России</i>	1,00	0,76	3,26	16,73	28,77	54,50

Следствием указанных выше отклонений от нормативов по содержанию макронутриентов является изменение их соотношений. Так, на уровне Сибирского федерального округа и России можно отметить тенденцию снижения пропорций долей жиров и углеводов, что подтверждается соответствующим снижением этих значений при анализе вклада макронутриентов в общую калорическую ценность комплекса завтрак + обед. В среднем по Сибирскому федеральному округу распределения близки к нормативным значениям, при сдвиге распределения в среднем на 3–4 % от углеводов к белкам. Сдвиг в сторону вклада липидов в общую ЭЦ демонстрируют Томская и Новосибирская области, в сторону углеводов – Кемеровская. В свою очередь, в отношении соотношения «протеины – липиды – углеводы» в граммах – практически все субъекты (кроме Красноярского края) демонстрируют отрицательное отклонение от норматива и по жирам, и по углеводам в пользу белкового компонента. При этом наименее сбалансированы проанализированные рационы из Красноярского края, Томской области и Республики Тыва.

Следующей характеристикой, отражающей качество рациона завтрака и его соответствие требованиям здорового питания, является уровень содержания соли и добавленного сахара. Нами производилась двойная оценка на предельное содержание указанных ингредиентов в соответствии с нормативами СанПиН 2.3/2.4.3590-20 и МР 2.3.0122-18 [257] (таблица И.4).

Таблица И.4 – Соотношение фактического содержания соли и сахара по отношению к нормативам в циклических меню СФО завтрака и обеда

Субъекты СФО	Нормативное соотношение				5 %*	5 г**	0,12–0,3 г**
	Выход, г	Соль, г	Сахар, г	ЭЦ, ккал	Сахар, % от ЭЦ, г	Сахар, г на 100 г выхода	Соль, г на 100 г выхода
Республика Алтай	1464,57	2,23	16,14	1488,24	4,34	1,10	0,15
Алтайский край	1514,79	2,64	25,85	1582,50	6,53	1,71	0,17
Иркутская область	1463,03	2,27	20,83	1441,71	5,78	1,42	0,15
Кемеровская область – Кузбасс	1339,07	2,25	16,69	1579,58	4,23	1,25	0,17
Красноярский край	1395,00	2,28	17,18	1166,08	5,89	1,23	0,16
Новосибирская область	1420,13	2,25	17,67	1393,53	5,07	1,24	0,16
Омская область	1360,78	2,49	17,42	1357,22	5,13	1,28	0,18
Томская область	1299,50	2,03	12,29	1278,84	3,84	0,95	0,16
Республика Тыва	1353,69	2,29	19,13	1371,05	5,58	1,41	0,17
Республика Хакасия	1384,70	2,22	17,80	1370,19	5,20	1,29	0,16
<i>В среднем по округу</i>	1399,64	2,31	18,16	1453,07	5,00	1,30	0,16
<i>В среднем по России</i>	1419,92	2,26	15,47	1400,18	4,42	1,09	0,16
Примечание – Норма по: * СанПиН 2.3/2.4.3590-20; ** МР 2.3.0122-18.							

Как видно из приведенных данных по нормативам, определенным в МР 2.3.0122-18 все субъекты Сибирского федерального округа укладываются в значения, позволяющие маркировать данные рационы по этим критериям как «зеленые». Однако при оценке содержания соли и сахара с позиций нормативов среднесуточных наборов пищевой продукции для организации питания детей от 7 до 18 лет (в граммах нетто, миллилитрах, на одного ребенка в сутки), указанных в СанПиН 2.3/2.4.3590-20 можно отметить значимые отклонения. Так, если исходить из предельного значения содержания соли в 3 г в сутки, а в рационе – 60 % от нормируемых, то это значение превышено в среднем по всем субъектам на 25 %, а разброс составляет от 12,8 % в Томской области до 46,8 % в Алтайском

крае. Следует отметить, что этот показатель в среднем по Сибирскому федеральному округу превышает норматив на 28,1 %, а по России – на 25,7 %, что свидетельствует о том, что усилия по снижению соли в рационах детей необходимо активизировать.

При оценке содержания добавленных сахаров помимо соотношения с предельным содержанием сахара в завтраке дополнительно оценивалась доля энергетической ценности рациона за счет добавленных сахаров. По последнему показателю имеется незначительное превышение во всех субъектах кроме Республики Алтай и Кузбасса. Однако при оценке доли добавленных сахаров, включенных в рацион от их суточного рекомендуемого содержания (30 г), отмечается их превышение: Алтайский край – на 43,6 %, Иркутская область – 15,7 %, а в Республике Тыва – на 6,3 %, Новосибирская область – на 24,6 %, Омская область – на 21,3%. Томская область (минус 31,7 %), Республика Алтай (минус 10,3 %) и Кемеровская область (минус 7,3 %), напротив, обеспечили пониженное содержание сахара в рационе. Наличие разнонаправленных тенденций обеспечило в среднем по Сибирскому федеральному округу превышение этого норматива на 0,9 % при среднероссийской тенденции на 14,1 % ниже допустимого верхнего предела.

Таким образом, выявленные отклонения содержание соли и сахара в рационах школьников для большинства школ Сибирского федерального округа не является критичным, но, тем не менее, требует снижения соли в среднем на 10–15 %, чтобы соответствовать понятию «здоровый рацион» и обеспечивать формирование правильных пищевых стереотипов питающихся, а в отдельных субъектах (Алтайский край и Иркутская область) необходимо системно снизить содержание добавленных сахаров.

Следующей характеристикой качества питания в целом является содержание в них микронутриентов. Собственно, именно эти показатели непосредственно связаны с понятием нутриентной плотности рациона и по ним можно судить о том, насколько качественно выполняют операторы питания свои функции и насколько эффективно используются денежные средства при организации школьного питания. При расчете доли выполнения норм по витаминам и минеральным веществам от суточной потребности (таблицы И.5, И.6) за базу сравнения нами принимались нормативы, указанные в СанПиН 2.3/2.4.3590-20 (ввиду отсутствия значений по натрию взят норматив ВОЗ – 2 000 мг). Поскольку от витаминного и минерального состава рациона невозможно ожидать равномерного покрытия процента от суточной потребности, основной задачей было выявить биоэлементы, присутствующие в рационах завтраков и обедов в избытке, и микроэлементы, которые дефицитны в школьном питании.

Таблица И.5 – Уровень покрытия суточной потребности в витаминах за счет завтраков и обедов в образовательных учреждениях Сибирского федерального округа

Субъект	Витамин				
	В ₁ , мг	В ₂ , мг	А, мкг рет. экв.	D, мкг	С, мг
Республика Алтай	62,11	62,69	121,23	8,49	97,23
Алтайский край	66,54	65,80	145,78	8,60	96,23
Иркутская область	60,41	61,76	143,02	8,68	106,55
Кемеровская область – Кузбасс	45,99	73,65	74,98	14,99	101,94
Красноярский край	45,51	42,20	76,22	6,58	62,37
Новосибирская область	57,14	61,06	127,79	13,21	104,37
Омская область	52,84	54,44	114,14	8,59	77,09
Томская область	54,28	53,90	95,14	9,21	82,13
Республика Тыва	56,63	53,83	88,50	7,00	90,20
Республика Хакасия	55,57	53,86	99,96	27,24	95,01
<i>В среднем по округу</i>	57,54	60,35	111,29	17,41	94,03
<i>В среднем по России</i>	59,79	59,64	138,86	10,14	96,13

Как видно из таблицы И.5, практически для всех рационов отмечается серьезный дефицит по витамину D – ниже рекомендуемых нормативов в 2–10 раз. В отношении витаминов В₁ и В₂ картина достаточно равномерная и сбалансированная, но исключением являются меню Красноярского края и Кемеровской области в которых самый низкий уровень покрытия суточной потребности в них. Витамин А максимально содержится в комплексах завтрак + обед школьников Алтайского края и Иркутской области (почти в 1,5 раза выше суточной нормы и этот факт требует внимания, поскольку системный гипервитаминоз витамина А является нежелательным явлением. Витамин С в рационах школ Сибирского федерального округа от 62,4 % до 106,6 % от суточной потребности.

В отношении содержания минеральных веществ среди системных дефицитов можно отметить низкое содержание фосфора и фтора, а в отношении достаточно мощного перекрытия в 1,5–2 раза суточной потребности отмечены калий, йод и селен. В отношении кальция, магния и железа можно признать их достаточное содержание в рационах.

Однако в отношении части минеральных веществ важно обеспечить не только их наличие, но и определенное оптимальное соотношение, обуславливающее возможность их усвоения. Соотношения Са:Mg и Са:P приведены в таблице И.7.

Таблица И.6 – Уровень покрытия суточных норм по минеральным веществам за счет завтраков и обедов в образовательных учреждениях Сибирского федерального округа

Субъект РФ	Минеральные вещества								
	Na, мг	K, мг	Ca, мг	Mg, мг	P, мг	Fe, мг	I, мкг	Se, мкг	F, мкг
Республика Алтай	95,15	204,89	63,10	102,46	10,62	108,01	166,67	189,63	13,94
Алтайский край	121,19	198,11	63,84	102,89	11,11	114,35	165,17	228,09	12,71
Иркутская область	99,68	188,14	59,37	97,18	8,86	107,95	149,39	203,64	12,09
Кемеровская область – Кузбасс	85,20	170,08	88,73	86,62	13,69	76,00	129,46	198,66	11,91
Красноярский край	67,13	164,78	52,03	93,56	28,75	85,76	127,91	142,68	11,72
Новосибирская область	84,53	180,91	59,58	92,24	8,46	103,39	154,20	163,72	12,25
Омская область	87,35	173,12	58,70	91,43	8,58	90,85	153,08	156,97	12,18
Томская область	73,44	175,70	58,37	84,41	7,38	88,34	137,62	153,80	13,04
Республика Тыва	87,98	184,57	58,80	102,33	13,87	121,50	152,92	172,18	11,89
Республика Хакасия	85,22	182,55	57,59	97,82	11,79	106,94	172,76	162,07	11,95
<i>В среднем по округу</i>	91,34	188,33	64,52	98,48	13,03	103,30	155,66	182,86	12,77
<i>В среднем по России</i>	89,12	184,79	59,09	98,02	24,47	105,59	200,53	185,40	12,03

Таблица И.7 – Соотношение содержания кальция, магния и фосфора в совместном рационе (завтрак + обед) образовательных учреждений Сибирского федерального округа

Субъект РФ	Нормативное соотношение по СанПиН 2.3/2.4.3590-20, мг			
	Ca	Mg	Ca	P
	1	0,20	1	1,00
Республика Алтай	1	0,37	1	0,17
Алтайский край	1	0,37	1	0,17
Иркутская область	1	0,37	1	0,15
Кемеровская область – Кузбасс	1	0,22	1	0,15
Красноярский край	1	0,41	1	0,55
Новосибирская область	1	0,35	1	0,14
Омская область	1	0,35	1	0,15
Томская область	1	0,33	1	0,13
Республика Тыва	1	0,40	1	0,24
Республика Хакасия	1	0,39	1	0,20
<i>В среднем по округу</i>	1	0,35	1	0,20
<i>В среднем по России</i>	1	0,38	2	0,41

Полученные значения, опирающиеся на содержание указанных элементов в рационе, подтверждают критичность дефицита фосфора в рационе питания, поскольку при та-

ком соотношении на 50–80 % снижается возможность усвоения кальция. Эти тенденции характерны в целом для Сибирского федерального округа и России, что может быть обозначено как перспективная задача по обогащению рационов питающихся фосфором, фтором и витамином D как путем внедрения обогащенной продукции, так и за счет использования функциональных ингредиентов при производстве продукции в школьных пищеблоках.

Приложение К (справочное)

Пример спроектированного рациона для воспитанников кадетского корпуса

Общий рацион для кадетов 1-4 кл 2025(с отработками)

Возрастная категория:от 7 до 11 лет

Характеристика питающихся:Без особенностей

№ рецептуры	Название блюда	Масса	Белки	Жиры	Углеводы	Эн. ценность	Витамины					Минеральные вещества									
		г.	г.	г.	г.	ккал	B1, мг	B2, мг	A, мкг рет.экв	D, мкг	C, мг	Na, мг	K, мг	Ca, мг	Mg, мг	P, мг	Fe, мг	I, мкг	Se, мкг	F, мкг	
	Неделя 1 Понедельник																				
	Завтрак																				
321	Запеканка пшеничная с творогом	150	12.5	8	29.3	239	0.13	0.13	39.39	0.27	0.07	23.89	114.08	94.51	35.86	164.13	1.26	6.78	12.89	34.08	
501	Кофейный напиток с молоком	200	3.9	2.9	13.9	96.9	0.05	0.13	13.29	0	0.52	38.57	184.05	148.37	30.67	106.79	1.07	9	1.76	20	
Пром.	Хлеб пшеничный	20	1.5	0.2	9.8	46.9	0.02	0.01	0	0	0	99.8	18.6	4	2.8	13	0.22	0.64	1.2	2.9	
Пром.	Хлеб ржано-пшеничный	20	1.3	0.2	7.9	39.1	0.03	0.02	0	0	0	81.2	47	5.8	9.4	30	0.78	0.88	1.1	4.8	
Пром.	Джем из абрикосов	20	0.1	0	14.4	57.9	0	0	0.01	0	0.48	0.4	30.4	2.4	1.8	3.6	0.08	0.64	1.2	2.9	
	Итого за Завтрак	410	19.3	11.3	75.3	479.8	0.23	0.29	52.69	0.27	1.07	243.86	394.13	255.08	80.53	317.52	3.41	17.94	18.15	64.68	
	Второй завтрак																				
54-29гн	Чай со смородиной и сиропом стевии	200	0.3	0.1	2.3	11.3	0	0.01	1.52	0	9.64	3.54	55.44	66.68	7.06	10.62	0.85	0.12	0.12	2.04	
1	Хлеб гречневый из цветной капусты	50	4.5	2.8	11.7	89.6	0.08	0.09	23.09	0.31	5.25	31.39	73.8	42.98	19.79	78.15	1.35	5.4	5.13	7.69	
	Итого за Второй завтрак	250	4.8	2.9	14	100.9	0.08	0.1	24.61	0.31	14.89	34.93	129.24	109.66	26.85	88.77	2.2	5.52	5.25	9.73	
	Обед																				
	Салат из квашеной капусты с горошком и семенами льна (1-3)	100	3.1	8.2	6	110.4	0.09	0.05	55.88	0	32.53	655.15	340.59	63.31	40.03	74.7	0.96	0.64	7.67	20.05	
54-10с	Суп крестьянский с крупой (крупя перловая)	250	6.4	7.2	13.5	144.5	0.05	0.05	129.11	0	8.03	120.71	250.24	45.8	18.29	65.54	0.69	19.08	3.55	20.85	
54-26г	Рис с овощами	150	3.2	5.7	26	167.8	0.04	0.03	268.68	0	1.33	240.26	93.2	17.35	26.16	67.46	0.57	21.56	4.64	31.3	
	Эрвизии из минтая рубленные	75	9.7	3.3	8.7	103.5	0.06	0.09	146.99	0.23	1.17	147.53	237.89	46.76	32.67	140.21	0.7	86.4	9.26	366.49	
	Соус овощной (тыквенный+ГЧК)	100	3	4.7	7.2	83.3	0.04	0.04	127.69	0	3.14	5.17	180.68	21.52	15.35	38.77	0.92	0.77	1.07	46.69	
54-18хн	Компот из брусники с медом	200	0.2	0.1	8.8	36.8	0	0.01	0.96	0	1.2	1.82	17.93	68.16	1.48	4.35	0.14	0.2	0	10	
Пром.	Хлеб ржано-пшеничный	20	1.3	0.2	7.9	39.1	0.03	0.02	0	0	0	81.2	47	5.8	9.4	30	0.78	0.88	1.1	4.8	
Пром.	Хлеб пшеничный	20	1.5	0.2	9.8	46.9	0.02	0.01	0	0	0	99.8	18.6	4	2.8	13	0.22	0.64	1.2	2.9	
	Итого за Обед	915	28.4	29.6	87.9	732.3	0.33	0.3	729.31	0.23	47.4	1351.64	1186.13	272.7	146.18	434.03	4.98	130.17	28.49	503.08	
	Полдник																				
26	Творожная запеканка с морковью и яблоком (1-3 года)	100	12.6	5.4	40.9	262.7	0.04	0.14	187.8	0.1	4.61	70.97	153.13	95.16	22.5	131.64	0.91	10.49	15.8	32.49	
Пром.	Сок апельсиновый	200	1.4	0.2	26.4	113	0.08	0.04	16	0	80	20	358	36	22	26	0.6	0	0	0	
	Итого за Полдник	300	14	5.6	67.3	375.7	0.12	0.18	203.8	0.1	84.61	90.97	511.13	131.16	44.5	157.64	1.51	10.49	15.8	32.49	
	Ужин																				

54-34з	Салат картофельный с морковью и зеленым горошком	70	2	5	7.3	82	0.07	0.07	375.68	0.12	8.52	136.96	237.96	14.23	17.35	46.79	0.64	12.02	1.98	22.48
18	Вареники капуста-лук УРАЛХИМ	150	14.4	11.1	34	293.5	0.02	0.02	0.32	0	5.39	108.28	44.36	8.15	4.06	12.51	0.31	0.81	0.13	2.94
54-13хн	Напиток из шиповника	200	0.6	0.2	15.1	65.4	0.01	0.05	98.04	0	80	1.73	8.47	81.52	2.96	2.96	0.54	0	0	0
Пром.	Сметана диетическая 10.0%	50	1.4	5	2	58.2	0.02	0.05	32.5	0	0.25	25	62	45	5	31	0.05	4.5	0.2	8.5
Пром.	Хлеб ржано-пшеничный	30	2	0.4	11.9	58.7	0.05	0.02	0	0	0	121.8	70.5	8.7	14.1	45	1.17	1.32	1.65	7.2
	Итого за Ужин	500	20.4	21.7	70.3	557.8	0.17	0.21	506.54	0.12	94.16	393.77	423.29	157.6	43.47	138.26	2.71	18.65	3.96	41.12
	Второй ужин																			
Пром.	Кефир 3.2%	200	5.8	6.4	8.2	113.6	0.06	0.34	44	0	1.4	100	292	240	28	190	0.2	18	4	40
	Итого за Второй ужин	200	5.8	6.4	8.2	113.6	0.06	0.34	44	0	1.4	100	292	240	28	190	0.2	18	4	40
	Итого за день	2575	92.7	77.5	323	2360.1	0.99	1.42	1560.95	1.03	243.53	2215.17	2935.92	1166.2	369.53	1326.22	15.01	200.77	75.65	691.1
	Неделя 1 Вторник																			
	Завтрак																			
54-2о	Омлет с зеленым горошком	180	11.6	12.8	5.7	184.2	0.1	0.36	148.46	1.66	1.77	337.8	201.04	119.83	22.74	197.3	1.86	40.08	21.17	54.17
54-4гн	Чай с молоком и сахаром	200	1.6	1.1	8.6	50.9	0.03	0.07	6.9	0	0.3	19.68	81.35	103.48	9.92	46.33	0.78	4.5	0.88	10
Пром.	Банан	150	2.3	0.8	31.5	141.8	0.06	0.08	30	0	15	46.5	522	12	63	42	0.9	0.08	1.5	3.3
Пром.	Хлеб пшеничный	40	3	0.3	19.7	93.8	0.04	0.01	0	0	0	199.6	37.2	8	5.6	26	0.44	1.28	2.4	5.8
	Итого за Завтрак	570	18.5	15	65.5	470.7	0.23	0.52	185.36	1.66	17.07	603.58	841.59	243.31	101.26	311.63	3.98	45.94	25.95	73.27
	Второй завтрак																			
	Чай зеленый (3-7)	200	0.4	0	0.1	2.2	0	0.02	0	0	0.2	1.64	49.6	79.9	8.8	16.5	1.64	0	0	0
54-6в	Кекс рисовый с грушей	60	1.1	4.9	21.1	132.6	0.01	0.01	0.18	0	0.3	657.62	26.34	12.09	5.5	21.39	0.49	4.15	2.01	1.5
	Итого за Второй завтрак	260	1.5	4.9	21.2	134.8	0.01	0.03	0.18	0	0.5	659.26	75.94	91.99	14.3	37.89	2.13	4.15	2.01	1.5
	Обед																			
54-11з	Салат из моркови и яблок	60	0.5	6.1	4.3	74.3	0.03	0.03	732.9	0	3.63	89.79	123.26	13.5	15.57	22.38	0.66	10.19	0.09	21.57
54-25с	Суп гороховый	250	8.2	3.5	18.7	138.7	0.17	0.06	151.26	0	5.01	119.7	423.26	41.75	34.58	95.43	1.76	19.45	2.48	33.73
54-11г	Картофельное пюре	150	3.1	5.3	19.8	139.4	0.12	0.11	23.8	0.09	10.2	161.78	624.83	39.49	28.23	84.47	1.03	28.46	0.78	42.79
341	Рыба, запеченная с яйцом	100	15.2	10.4	5.9	178	0.07	0.09	20.82	1	0.7	252.94	278.27	29.95	26.1	186.86	0.76	147.84	20.71	619.03
09	Соус на основе изолята и гидролизата чечевицы красной (20%) с кунжутным маслом	20	1.5	7.8	0.8	79.3	0.01	0.01	0.07	0	0.25	46.48	19.71	6.93	3.11	9.75	0.29	0.08	0.38	0.77
Пром.	Хлеб ржано-пшеничный	20	1.3	0.2	7.9	39.1	0.03	0.02	0	0	0	81.2	47	5.8	9.4	30	0.78	0.88	1.1	4.8
Пром.	Хлеб пшеничный	20	1.5	0.2	9.8	46.9	0.02	0.01	0	0	0	99.8	18.6	4	2.8	13	0.22	0.64	1.2	2.9
Пром.	морс из клюквы	200	0.8	0.3	24.4	103.1	0	0	4	0	18.6	4	154	16	12	26	0.6	0	0.2	0
	Итого за Обед	820	32.1	33.8	91.6	798.8	0.45	0.33	932.85	1.09	38.39	855.69	1688.93	157.42	131.79	467.89	6.1	207.54	26.94	725.59
	Полдник																			
	напиток апельсиновый	200	0.7	0.1	41.7	170.8	0.02	0.02	3.45	0	19.38	7.45	122.09	56.8	8.57	14.53	0.32	1.4	0.34	12.5
45	Ягодная тарталетка с изолятом	60	4.8	9.3	20.9	186.2	0.05	0.01	0.03	0	0.83	81.68	60.72	13.18	7.47	29.91	0.54	0.69	1.81	9.36
	Итого за Полдник	260	5.5	9.4	62.6	357	0.07	0.03	3.48	0	20.21	89.13	182.81	69.98	16.04	44.44	0.86	2.09	2.15	21.86
	Ужин																			
54-3з	Помидор в нарезке	40	0.4	0.1	1.5	8.6	0.02	0.02	53.2	0	10	1.2	116	5.6	8	10.4	0.36	0.8	0.16	8
54-2з	Огурец в нарезке	40	0.3	0	1	5.6	0.01	0.02	4	0	4	3.2	56.4	9.2	5.6	16.8	0.24	1.2	0.12	6.8

Приложение Л (справочное)

Пример спроектированного рациона для детей и подростков с избыточным весом и ожирением

Меню для МР Ожирение 7-11 лет с отработками

Возрастная категория: от 7 до 11 лет

Характеристика питающихся: Без особенностей

№ рецептуры	Название блюда	Масса	Белки	Жиры	Углеводы	Эн. ценность	Витамины					Минеральные вещества									
		г.	г.	г.	г.	ккал	B1, мг	B2, мг	A, мкг рет.экв	D, мкг	C, мг	Na, мг	K, мг	Ca, мг	Mg, мг	P, мг	Fe, мг	I, мкг	Se, мкг	F, мкг	
	Неделя 1 Понедельник																				
	Завтрак																				
54-36гн	Чай с лимоном и брусничным сиропом на фруктозе	200	0.2	0.1	2.6	11.7	0	0.01	0.38	0	1.16	1.21	30.05	65.34	4.56	8.52	0.75	0.01	0.02	0.7	
	Вареники мясосодержащие с тыквой и ИГБ	180	17.6	10.8	42.6	338	0.13	0.07	48.66	0	1.34	446.31	211.97	28.66	18.46	92.38	1.33	61.39	0.7	60.3	
	Изделия хлебобулочные для детского питания «Здравушка» простые пшенично-овсяные	50	4.3	1.2	24.6	126.3	0.06	0.03	0	0	0.02	61.99	59.9	24.59	11.29	50.81	0.53	1.13	2.96	8.95	
Пром.	Груша	100	0.4	0.3	10.3	45.5	0.02	0.03	2	0	5	14	155	19	12	16	2.3	1	0.1	10	
	Итого за Завтрак	530	22.5	12.4	80.1	521.5	0.21	0.14	51.04	0	7.52	523.51	456.92	137.59	46.31	167.71	4.91	63.53	3.78	79.95	
	Обед																				
54-2з	Морковь, перец, сельдерей в нарезке	70	0.8	0.1	3.2	16.9	0.04	0.06	700	0	56.7	52.03	185.03	24.97	22.17	34.53	0.58	3.62	0.14	15.4	
54-34с	Суп из овощей с фрикадельками рыбными	250	2	0.7	3.5	28.6	0.02	0.02	25.94	0.06	1.89	39.28	121.76	7.15	6.8	23.93	0.24	13.62	1.3	47.85	
ДП-10г	Цветная капуста с брокколи отварные	150	3.7	0.5	5.6	41.5	0.09	0.13	15.3	0	47.76	178.96	327.47	49.88	24.9	76.69	1.4	34.5	2.05	0.75	
54-4м	Котлета из говядины	90	16.4	15.7	14.8	265.7	0.07	0.13	19.91	0.08	0.11	222.96	265.14	35.91	23.55	165.12	2.3	17.59	3.54	55.58	
ОЖ-3 заправка	Заправка для салатов/Дрессинг №3 (оливковая)	7	0	1.5	0.1	14.2	0	0	0.88	0	0.06	8.2	2.17	3.21	0.42	0.3	0.06	0.84	0	0	
54-13хн	Напиток из шиповника	200	0.6	0.2	15.1	65.4	0.01	0.05	98.04	0	80	1.73	8.47	81.52	2.96	2.96	0.54	0	0	0	
Пром.	Хлеб ржаной	20	1.3	0.2	6.7	34.2	0.04	0.02	0	0	0	122	49	7	9.4	31.6	0.78	0	6.18	0	
Пром.	Банан	150	2.3	0.8	31.5	141.8	0.06	0.08	30	0	15	46.5	522	12	63	42	0.9	0.08	1.5	3.3	
	Итого за Обед	937	27.1	19.7	80.5	608.3	0.33	0.49	890.07	0.14	201.52	671.66	1481.04	221.64	153.2	377.13	6.8	70.25	14.71	122.88	
	Уплотненный полдник																				
54-14гн	Чай со смородиной и медом	200	0.4	0.1	8.2	35	0	0.01	1.52	0	9.64	4.3	58.43	64.83	7.33	12.19	0.92	0.32	0.12	12.04	
	Изделие хлебобулочное "Вкусняшка" с какао-порошком	100	7.9	6.2	49.5	285.7	0.1	0.07	2.85	0	0.05	125.55	126.44	51.57	18.59	86.8	1.06	2.67	3.74	20.9	
	Яблоко, запеченное с творогом и изюмом	150	6.2	4	26.3	165.4	0.06	0.1	13.39	0.03	5.11	47.53	427.64	73.11	23.36	91.99	2.94	5.38	8.42	68.39	
	Итого за Уплотненный полдник	450	14.5	10.3	84	486.1	0.16	0.18	17.76	0.03	14.8	177.38	612.51	189.51	49.28	190.98	4.92	8.37	12.28	101.33	
	Итого за день	1917	64.1	42.4	244.6	1615.9	0.7	0.81	958.87	0.17	223.84	1372.55	2550.47	548.74	248.79	735.82	16.63	142.15	30.77	304.1	

	Неделя 1 Вторник																			
	Завтрак																			
22	Творог с изюмом и кукурузными хлопьями (3-7)	180	19.8	12	51.4	392.7	0.39	0.65	199.24	1.26	0.24	247.4	399.35	188.97	39.29	254.57	6.77	11.79	26.94	124.78
3	Кофейный напиток с молоком и сахаром (сад)	200	4.8	4.5	11	103.5	0.04	0.17	17.69	0	0.69	51.22	228.05	174.76	35.83	134.58	1.14	12	2.35	26.66
	Изделия хлебобулочные для детского питания «Здравушка» улучшенные пшенично-гречневые	20	1.7	0.6	12.1	61.2	0.02	0.02	0.08	0	0.01	26.58	36.09	10.06	3.95	19.5	0.26	0.48	0.82	8.82
Пром.	Мандарин	100	0.8	0.2	7.5	35	0.06	0.03	10	0	38	12	155	35	11	17	0.1	0.3	0.1	150.3
	Итого за Завтрак	500	27.1	17.3	82	592.4	0.51	0.87	227.01	1.26	38.94	337.2	818.49	408.79	90.07	425.65	8.27	24.57	30.21	310.56
	Обед																			
54-2з	Огурец в нарезке	50	0.4	0.1	1.3	7.1	0.02	0.02	5	0	5	4	70.5	11.5	7	21	0.3	1.5	0.15	8.5
54-4з	Перец болгарский в нарезке	50	0.7	0.1	2.5	12.9	0.04	0.05	125	0	100	1	81.5	4	3.5	8	0.25	1.5	0.05	3.5
54-3с	Рассольник Ленинградский	250	5.9	7.2	17	156.9	0.08	0.06	129.92	0	6.93	245.99	418.69	36.25	24.64	64.24	0.89	20.75	0.94	35.35
46	Пюре из цветной капусты и картофеля	150	3.8	3.8	10.4	90.9	0.11	0.14	20.39	0.04	32.19	167.9	381.04	55	25.99	83.83	1.62	7.09	1.09	16.75
	Котлеты рубленые куриные (1-3)	85	16.7	4.8	14.1	165.8	0.07	0.07	6.31	0	1	613.35	220.21	42.95	57.83	134.17	1.4	6.57	15.75	91.73
21	Компот из ягод (3-7)	200	0.6	0.1	22.1	91.5	0	0.01	48	0	2.51	1.38	53.25	69.61	4.9	19.16	0.44	2	8.06	5.2
Пром.	хлеб ржано-пшеничный йодированный	20	1.3	0.2	7.9	39.1	0.03	0.02	0	0	0	81.2	47	5.8	9.4	30	0.78	6.4	1.1	4.8
	Итого за Обед	805	29.4	16.3	75.3	564.2	0.35	0.37	334.62	0.04	147.63	1114.82	1272.19	225.11	133.26	360.4	5.68	45.81	27.14	165.83
	Уплотненный полдник																			
	Бананы свежие	150	2.3	0.8	31.5	141.8	0.06	0.08	30	0	15	46.5	522	12	63	42	0.9	0.08	1.5	3.3
54-18р	Рыба, запеченная с овощами и ламинарией	100	11.8	4.9	6.2	116.4	0.08	0.1	207.25	0.3	0.94	242.53	310.21	72.09	46	173.83	0.85	1531.97	10.38	509.45
	Изделие хлебобулочное для детского питания «Школяр» с курагой	30	2.3	0.8	13.9	72	0.03	0.02	8.83	0	0.05	37.91	66.19	18.97	6.92	27.19	0.28	0.77	1.38	5.05
Пром.	Хлеб ржаной	20	1.3	0.2	6.7	34.2	0.04	0.02	0	0	0	122	49	7	9.4	31.6	0.78	0	6.18	0
Пром.	Кефир 2.5%	100	2.9	2.5	4	50.1	0.04	0.17	22	0	0.7	50	146	120	14	90	0.1	9	2	20
	Итого за Уплотненный полдник	400	20.6	9.2	62.3	414.5	0.25	0.39	268.08	0.3	16.69	498.94	1093.4	230.06	139.32	364.62	2.91	1541.82	21.44	537.8
	Итого за день	1705	77.1	42.8	219.6	1571.1	1.11	1.63	829.71	1.6	203.26	1950.96	3184.08	863.96	362.65	1150.67	16.86	1612.2	78.79	1014.19
	Неделя 1 Среда																			
	Завтрак																			
54-7о	Омлет из яичных белков с брокколи	180	13.8	13	5	192.4	0.1	0.44	171.53	2.04	27.48	257.42	350	115.62	27.84	223.92	2.49	50.72	26.67	56.83
54-19гн	Чай фруктовый с вишней, малиной и яблоками	200	0.3	0.1	1.6	8.6	0	0.01	2.28	0	1.24	3.18	58.33	64.71	6.8	11.25	0.92	0.26	0.03	1.44
Пром.	Банан	150	2.3	0.8	31.5	141.8	0.06	0.08	30	0	15	46.5	522	12	63	42	0.9	0.08	1.5	3.3
Пром.	Хлебцы ржаные	10	1.1	0.3	6.4	32.7	0.04	0.02	0.2	0	0	0.3	39.6	4.3	7.5	26.9	0.41	0	1.8	5
	Итого за Завтрак	540	17.5	14.2	44.5	375.5	0.2	0.55	204.01	2.04	43.72	307.4	969.93	196.63	105.14	304.07	4.72	51.06	30	66.57
	Обед																			